

Univerzita Karlova

1. lékařská fakulta

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Nutriční specialista



Bc. Veronika Pokorná

Využití nepřímé kalorimetrie v praxi nutričního terapeuta

Use of indirect calorimetry in nutritional therapy

Diplomová práce

Vedoucí závěrečné práce: Mgr. Aneta Sadílková

Praha, 2019

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Využití nepřímé kalorimetrie v praxi nutričního terapeuta“ zpracovala samostatně po vedením Mgr. Anety Sadílkové a že jsem uvedla a citovala všechny použité literární a odborné zdroje. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím, aby práce byla půjčována ke studijním účelům a aby byla citována dle platných norem. Souhlasím také s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 28.11.2019

Bc. Veronika Pokorná

Identifikační záznam:

POKORNÁ, Veronika. *Využití nepřímé kalorimetrie v praxi nutričního terapeuta. [Use of indirect calorimetry in nutritional therapy]*. Praha, 2019. 67., 8 příl. Diplomová práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN. Vedoucí práce Sadílková, Aneta.

Poděkování:

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí své diplomové práce, Mgr. Anetě Sadílkové, za veškeré cenné rady a připomínky, za čas věnovaný odbornému vedení této práce a za pomoc při sběru dat. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Lukáši Pokornému za rady a pomoc při statistickém vyhodnocování získaných dat. Děkuji i své rodině za podporu.

Abstrakt

Úvod: Nepřímá kalorimetrie je velmi přesná a neinvazivní metoda, sloužící v klinické praxi k měření klidového energetického výdeje. Tato metoda vychází z předpokladu, že spotřeba kyslíku, produkce oxidu uhličitého a odpad dusíkatých metabolitů je v určitém vztahu ke spotřebě energie. Na základě měření klidového energetického výdeje může nutriční terapeut individuálně modelovat denní energetický příjem konkrétního jedince, optimální množství jednotlivých živin a zabránit tak nadměrnému nebo naopak nedostatečnému příjmu energie a nutrientů.

Cíl: Hlavním cílem práce je u souboru obézních pacientů srovnat výsledky měření klidového energetického výdeje (RMR), hodnoty klidového energetického výdeje vypočítané podle rovnice Harrise-Benedicta (HB) a skutečný energetický příjem propočtený ze záznamů stravy získaných od pacientů. Okrajově je rovněž hodnoceno tělesné složení výzkumného souboru se zaměřením na množství svalové tkáně.

Metodika: Výzkumný soubor zahrnuje 50 osob, 36 žen a 14 mužů, pacientů Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Do výzkumu byli zahrnuti pouze noví pacienti, u kterých v předešlém období nedocházelo k redukci hmotnosti. Průměrný věk je u žen 46 let a u mužů 51 let. Průměrné BMI u žen je 38,2 kg/m² a u mužů 35,5 kg/m². Všechny osoby podstoupily měření metodou nepřímé kalorimetrie, rovněž byl u nich vypočítán klidový energetický výdej dle rovnice Harrise-Benedicta, a na základě autentických jídelních záznamů byl propočten jejich skutečný energetický příjem. Totéž bylo hodnoceno u kontrolního souboru 25 osob s normální tělesnou hmotností. Naměřené i vypočítané hodnoty RMR a hodnoty energetického příjmu byly následně statisticky zpracovány a vyhodnoceny.

Výsledky: Mezi hodnotami RMR získanými výpočtem dle rovnice Harrise-Benedicta a hodnotami naměřenými metodou nepřímé kalorimetrie nevyšel statisticky významný rozdíl. Při hodnocení jednotlivých případů se však vyskytují významné absolutní a relativní odchylky. Ve výzkumném souboru žen se absolutní odchylka mezi metodami HB a NK rovná 1 084 kJ a relativní odchylka 14 %. Absolutní odchylka mezi jednotlivými hodnotami metod HB a NK se pohybovala v rozmezí 78-4 885 kJ, relativní odchylka v intervalu 1-37 %. Ve výzkumném souboru mužů se absolutní odchylka mezi metodami HB a NK rovná 1 006 kJ a relativní odchylka 10 %. U výzkumného souboru mužů se absolutní odchylka mezi jednotlivými hodnotami metod HB a NK lišila v rozmezí 215-4 091 kJ, relativní odchylka v intervalu 2-56 %. U výzkumného souboru žen (n=36) je energetický příjem v průměru o 2 156 kJ nižší než klidový energetický výdej naměřený nepřímou kalorimetrií. U výzkumného souboru mužů (n=14) je stejně tak energetický příjem nižší než klidový energetický výdej naměřený nepřímou kalorimetrií, a to průměrně o 1 923 kJ.

Závěr: Hodnoty klidového energetického výdeje spočítané rovnicí Harrise-Benedicta a naměřené nepřímou kalorimetrií vykazují významné absolutní a relativní odchylky. Za nejpresnější metodu pro stanovení klidového energetického výdeje u obézních osob je považována nepřímá kalorimetrie. Základem pro nastavení optimálního redukčního jídelníčku je znalost dosavadních stravovacích návyků pacienta, včetně autenticky zapsaného jídelního záznamu.

Klíčová slova: nepřímá kalorimetrie, klidový energetický výdej, energetický příjem

Abstract

Introduction: Indirect calorimetry (IC) is a very accurate and non-invasive method which is used in clinical practice to measure the resting metabolic rate. This method is based on the assumption that oxygen consumption, carbon dioxide production and nitrogen metabolite waste are in definite relation to energy consumption. Based on the measurement of resting metabolic rate, a nutritional therapist can individually determine daily energy intake of a respective individual, the optimal amount of specific nutrients and thus prevents excessive or inadequate intake of energy and nutrients.

Objective: The main aim of this thesis is to compare for group of overweight patients the results of the measurement of the resting metabolic rate (RMR), values of the resting metabolic rate calculated according to the Harris-Benedict (HB) equation and the actual energy intake calculated from the diet report obtained from the patients. In addition, the body composition of the examined group with a focus on the amount of muscle tissue is also marginally evaluated.

Methods: The research sample includes in total 50 persons-36 women and 14 men. These persons are patients of the General Faculty Hospital in Prague. The average age is 46 years for women and 51 years for men. The average BMI for women is 38,2 kg/m² and for men 35,5 kg/m². All subjects passed measuring by indirect calorimetry method and also the resting metabolic rate was calculated according to the Harris-Benedict equation. Their real energy intake was determined based on the authentic dietary record. The same calculation was evaluated for a group of 25 subjects with normal body weight. Measured and calculated values of RMR as well as energy intake values were subsequently statistically processed and evaluated.

Results: There is no statistically significant difference between the RMR values obtained by the Harris-Benedict equation and those measured by the indirect calorimetry method. However, there are significant absolute and relative deviations when evaluating the individual cases. In the women's research set the absolute deviation between HB method and IC method is 1,084 kJ and the relative deviation is 14 %. The absolute deviation between individual values of HB method and IC method ranged from 78 kJ to 4 885 kJ, the relative deviation was within an interval of 1-37 %. In the men's research set the absolute deviation values between HB method and IC method is equal to 1,006 kJ and the relative deviation is 10 %. In the research group of men the absolute deviation between individual values of HB method and IC method varied in the range from 215 kJ to 4 091 kJ, the relative deviation was within an interval of 2-56 %. The energy intake in the research group of women (n=36) is in average about 2 156 kJ lower than the resting metabolic rate measured by indirect calorimetry. In the research group of men (n=14) the energy intake is lower as well than the resting metabolic rate measured by indirect calorimetry, and it is in average about 1,923 kJ.

Conclusion: The values of the resting metabolic rate calculated by the Harris-Benedict equation and measured by indirect calorimetry show significant absolute and relative deviations. Indirect calorimetry is considered as the most accurate method for determining the resting metabolic rate of the overweight persons. The basis for setting of the proper diet plan is the knowledge of the patient's existing eating habits including a written authentic dietary record.

Key words: indirect calorimetry, resting metabolic rate, energy intake

Obsah

ÚVOD.....	1
1. Obezita	2
1.1 Incidence obezity	2
1.2 Etiopatogeneze obezity	2
1.3 Klasifikace obezity	2
1.4 Rizika obezity.....	3
2. Léčba obezity	5
2.1 Redukční dieta.....	6
2.2 Pohybová aktivita.....	7
2.3 Psychologická léčba	7
2.4 Farmakoterapie.....	8
2.5 Chirurgická léčba	8
3. Energetická bilance organismu-energetický příjem.....	9
3. 1 Energetický příjem a využití organismu	9
3.1.1 Sacharidy	10
3.1.2 Bílkoviny.....	10
3.1.3 Tuky.....	11
3.1.4 Stanovení energetického příjmu	11
4. Energetická bilance-energetický výdej	13
4.1 Celkový energetický výdej.....	13
4.2 Bazální energetický výdej	14
4.3 Klidový energetický výdej	14
4.4 Termický efekt potravy	15
4.5 Energetický výdej pohybovou aktivitou	16
5. Stanovení klidového energetického výdeje	17
5.1 Metoda dvojité značené vody.....	18
5.2 Přímá kalorimetrie.....	19
5.3 Nepřímá kalorimetrie	20
5.3.1 Předpoklad nepřímé kalorimetrie	21
5.3.2 Způsob měření.....	22
5.3.3 Výpočet energetické potřeby z hodnot VO_2 a VCO_2	23
5.4 Stanovení klidového energetického výdeje výpočtem.....	24
5.4.1 Rovnice Harrise-Benedicta	24
5.4.2 Rovnice Mifflin-St Jeor	25

5.4.3 Rovnice Owena.....	26
5.4.4 Rovnice WHO/FAO/UNU	26
6. Metody měření tělesného složení	26
6.1 Antropometrie	27
6.2 Denzitometrie	29
6.3 Magnetická rezonance.....	29
6.4 Bioelektrická impedanční analýza	29
7. Praktická část.....	30
7.1 Cíl práce	30
7.2 Hypotézy	30
7.3 Úkoly.....	30
7.4 Charakteristika souboru pacientů	31
7.4.1 Výzkumný soubor	31
7.4.2 Kontrolní soubor.....	32
7.5 Metodika	33
7.5.1 Použité výzkumné metody.....	33
7.5.2 Metody sběru dat.....	34
7.5.3 Metody zpracování dat.....	35
7.5.4 Analýza dat.....	35
7.5.5 Statistický test.....	35
7.6 Výsledky	36
7.6.1 Splnění hlavního cíle.....	36
7.6.2 Splnění dílčího cíle 1.....	36
7.6.3 Splnění dílčího cíle 2.....	45
7.6.4 Hodnocení množství svalové tkáně.....	50
7.6.5 Vyhodnocení hypotéz.....	51
8. Diskuze	52
9. Závěr	55
Seznam zkratk	56
Seznam použité literatury	57
Seznam tabulek	61
Seznam grafů.....	62
Seznam obrázků	63
Přílohy	64

ÚVOD

Obezita a zdravotní komplikace s ní spojené představují celosvětově závažný zdravotní problém, nejen u dospělé populace, ale i u velkého počtu obézních dětí. Podle Světové zdravotnické organizace (World Health Organisation, WHO) je nadváha šesté nejvýznamnější riziko ohrožující lidské zdraví. Česká republika se s výskytem obezity umístila asi v polovině žebříčku zemí EU. V současné době se však zdá, že počet obézních v České republice nepřibývá (Svačina et al., 2018). Pro léčbu obezity je vždy důležitý multidisciplinární a zároveň individuální přístup, který zahrnuje adekvátně nastavenou redukční dietu, pohybovou aktivitu, neméně důležitou psychoterapii a v některých případech i farmakoterapii. Při selhání konzervativního způsobu léčby se jako velmi efektivní metoda jeví bariatricko-metabolická chirurgie, která stále roste na významu.

Stěžejní pilíř redukce hmotnosti má představovat konzervativní způsob léčby, který vychází především ze správně nastaveného redukčního programu. Takový redukční program by měl respektovat denní režim pacienta, jeho dosavadní stravovací návyky a reálnou energetickou potřebu tak, aby docházelo k pozvolné redukci hmotnosti i k následnému dlouhodobému udržení váhového úbytku. V rámci konzervativního redukčního režimu nebývá pro pacienty tak těžké tělesnou hmotnost snížit, jako si ji následně dlouhodobě udržet. To bývá způsobené především neadekvátně nastaveným energetickým příjmem, který často nedosahuje ani na minimální kalorickou potřebu jedince. Taková redukční dieta není pro pacienta dlouhodobě udržitelná, hladově při ní a nemá dostatek energie na běžné každodenní aktivity.

Pro adekvátní nastavení redukční diety je nezbytné znát energetický výdej daného jedince. Na základě znalosti energetického výdeje stanovujeme energetickou potřebu tak, aby pacient dlouhodobě příliš neprohluboval negativní energetickou bilanci. Pro nejpresnější určení energetického výdeje je potřeba zhodnotit všechny složky celkového energetického výdeje. Mezi tyto složky patří bazální, resp. klidový energetický výdej, výdej energie tvořený fyzickou aktivitou a termický efekt způsobený přijatou potravou. Největší a zároveň nejlépe měřitelnou složkou celkového energetického výdeje je bazální, resp. klidový energetický výdej. Pro svoji jednoduchost se v praxi nejvíce využívají prediktivní rovnice, které vycházejí z parametrů, jako je věk, tělesná výška, tělesná hmotnost a pohlaví. Nevýhodou těchto rovnic u obézních pacientů jsou ne vždy přesné výsledky, což prokázalo mnoho klinických studií. Přesnější, avšak méně dostupnou metodou pro měření klidového energetického výdeje je nepřímá kalorimetrie. Při využití této metody je třeba splnit konkrétní striktní podmínky, což vyžaduje více spolupráce také na straně pacienta. Stejně tak i na personál klade vysoké nároky, co se týče obsluhy přístroje, časové náročnosti a následné interpretace výsledků pacientovi.

V teoretické části budou jednotlivě popsány komponenty celkového energetického výdeje, možnosti zjištění klidového energetického výdeje a metody, kterými je možno měřit tělesné složení jednotlivce. V praktické části budou hodnocena data získaná měřením klidového energetického výdeje metodou nepřímé kalorimetrie u souboru obézních osob, dále data z prediktivní rovnice dle Harrise-Benedicta a údaje o skutečném energetickém příjmu propočtené ze záznamů stravy získaných od osob z výzkumného souboru.

1. Obezita

Je chronická nemoc, jejímž podkladem je zmnožení tukové tkáně nad hranici normálního rozmezí, které je stanoveno pro ženy do 28 až 30 % a u mužů do 20 % (Svačina, 2013). V důsledku dlouhodobé pozitivní energetické bilance a současně vzestupu tělesné hmotnosti dochází často k negativním zdravotním důsledkům.

1.1 Incidence obezity

V rámci celosvětového měřítka potvrdily epidemiologické studie neustálé zvyšování prevalence obezity. K vzestupu výskytu obezity dochází nejen u dospělé populace, ale také u dětí, kde je obzvláště rizikový. Světová zdravotnická organizace (World Health Organisation, WHO) označila výskyt nadváhy za šesté nejvýznamnější riziko ohrožující lidské zdraví. V evropských zemích trpí obezitou 10-25 % mužské populace a 10-30 % ženské populace. Česká republika se výskytem obezity umístila asi na polovině žebříčku zemí EU. Od roku 2008 počet obézních v České republice stagnuje (Svačina et al., 2018).

Z výzkumu z let 2008-2009, který byl proveden na reprezentativním vzorku české populace ($n = 2\,058$), vyplývá, že v České republice je 23 % dospělé populace s obezitou (Svačina et al., 2010). Státní zdravotní ústav a Český statistický úřad publikovaly, že v České republice je až 20-25 % žen a 18-22 % mužů postižených obezitou (Fried et al., 2018). Za nejrizikovější období pro vzestup hmotnosti se považuje období mezi 50. a 59. rokem, kdy také bývá nejčastěji diagnostikovaná hypertenze a diabetes mellitus. Rizika obezity v dospělém věku si pak většina osob nese již od dětství a více než 77 % těch, kteří v dětství měli obezitu, jsou v této kategorii i v dospělosti (Svačina et al., 2010).

1.2 Etiopatogeneze obezity

Obezita je většinou multifaktoriálně podmíněné onemocnění, při němž vzájemné působení vlivu prostředí s hereditárními predispozicemi vede k pozitivní energetické bilanci, která vede k nadměrnému hromadění tukové tkáně (Hainer, 2004). Obezigenní prostředí stejně jako genetika hraje důležitou roli pro rozvoj obezity. Genetika, která je většinou polygenní povahy, se na vzniku obezity podílí až z 50 % (Kunešová et al., 1999).

Výdej energie zahrnuje klidový energetický výdej, postprandiální termogenezi a výdej energie během pohybové aktivity. Konstantní pozitivní energetická bilance, tedy nadbytečně přijatá energie se ukládá v podobě triacylglycerolů do tukových buněk a následně vzrůstá podíl tukové tkáně. Pozitivní energetická bilance je většinou důsledkem nevhodné životosprávy, konzumací potravin s vysokou energetickou denzitou a snížením pohybové aktivity. Na vzniku nemoci se také podílí psychologické faktory a sociálně kulturní a ekonomická situace (Kunešová et al., 1999).

1.3 Klasifikace obezity

Prvním krokem v hodnocení obezity je výpočet indexu tělesné hmotnosti (body mass index, BMI) (Tabulka 1). BMI významně koreluje s tělesným tukem, morbiditou a mortalitou a lze jej rychle a snadno vypočítat i v rušném klinickém prostředí. BMI od 25 kg/m² je všeobecně přijímaná hranice pro identifikaci pacienta s vyšším rizikem obezity, diabetu mellitu 2. typu, hypertenzí nebo kardiovaskulárními chorobami (Aronne, 2002).

Tabulka 1 Klasifikace obezity podle BMI (Müllerová et al., 2014)

Klasifikace podle BMI	Pásmo BMI (kg/m ²)
Podváha	<18,4
Normální váha	18,5-24,9
Nadváha	25,0-29,9
Obezita I. stupně (mírná)	30,0-34,9
Obezita II. stupně(střední)	35-39,9
Obezita III. stupně(morbidní)	40 a více

Prakticky stejně významná je i klasifikace kvalitativní – rozlišování obezity více a méně závažné, takzvané androidní a gynoidní, nebo také obezity mužského a ženského typu. Je třeba zdůraznit, že tyto formy nejsou vázány na muže a ženy. Androidní obezita (mužský typ) s typickým výrazným břichem je provázena řadou komplikací včetně rozvoje diabetu mellitu 2. typu a aterosklerózy. Gynoidní obezita bývá naopak hlavně kosmetickým problémem a metabolické problémy při ní nejsou. Těžší stupně gynoidní obezity (BMI nad 35) tato rizika rovněž mají. Pro jednoduchou klasifikaci androidní a gynoidní obezity byl řadu let používán poměr obvodu pasu a boků, index pas/boky, uváděný zkratkou WHR (waist to hip ratio). Uvádělo se, že hranicí androidní obezity je u mužů poměr nad 1,0 a u žen nad 0,8 nebo 0,85. Dnes už se tento index nepoužívá, jako významnější se ukázalo měření pouze obvodu pasu, které nejlépe odpovídá přesnému měření rizikového tuku uloženého v břiše mezi orgány a na břiše v podkoží. Tento tuk lze měřit ve výzkumných studiích například počítačovou tomografií. Obvykle se měří v místě viditelného pasu nebo v polovině vzdálenosti mezi lopatou kosti kyčelní – nejvyšším místem pánevních kostí na boku a posledními žebry. Tyto hranice jsou pro českou populaci velmi přísné. Je ovšem realitou, že větší obvod pasu je u nás běžný, a proto je také běžný výskyt diabetu mellitu 2. typu, hypertenze a jejích komplikací (Svačina et al., 2008).

Tabulka 2 Obvod pasu a metabolická rizika obezity (Müllerová et al., 2014)

Abdominální typ obezity s metabolickými komplikacemi hodnocený podle obvodu pasu		
	Riziko zvýšené	Riziko vysoké
Ženy	80-87,9 cm	88 cm a více
Muži	94-101,9 cm	102 cm a více

1.4 Rizika obezity

Obezita představuje častější výskyt řady závažných onemocnění. Až z 60 % ovlivňuje BMI vznik diabetu 2. typu. Na vzniku a rozvoji hypertenze a ischemické choroby srdeční se obezita podílí více než 20 % a na patogenezi některých nádorů 10-30 %. U většiny těchto onemocnění představuje nadměrné množství tukové tkáně patogenetický moment, ať již jako zdroj hormonů a prozánětlivých cytokinů, nebo jako významný faktor mechanické zátěže (Hainer, 2004).

Centrum příjmu potravy („centrum hladu“) je umístěno ve ventrolaterálním hypothalamu, centrum sytosti v dalších strukturách hypothalamu. Centrum sytosti vysílá inhibiční signály do centra příjmu potravy. Jakékoliv poškození těchto center může způsobit nadměrný, nebo naopak nedostatečný příjem potravy. Hypothalamická centra tvoří tzv. adipostat (bodystat), který je nastaven (geneticky, působením hormonů, nervovou regulací apod.) na dosažení určitého množství tělesného tuku. Hypothalamický adipostat je krátkodobě a dlouhodobě regulován, tato regulace odráží potřeby organismu. Krátkodobě je centrum sytosti aktivováno metabolickými faktory a signály vycházejícími z gastrointestinálního traktu. Co se týče metabolických faktorů, velký podnět tlumící chuť k jídlu je postprandiální vzestup glykemie. Nervová stimulace centra sytosti je regulována přes β -receptory katecholaminů nebo receptory serotoninu. Dlouhodobě je regulován především celkovým objemem tělesného tuku. Tuk je hormonálně aktivní tkáň, vysílající signály do ostatních orgánů. Nejlépe poznaným hormonem, který je tvořen tukovou buňkou, je leptin. Jeho tvorba je přímo úměrná množství tělesného tuku. Prakticky u všech obezit byla zjištěna vysoká hladina leptinu. Receptory pro leptin byly nalezeny v různých tkáních včetně hypothalamu, v hypothalamu leptin tonicky inhibuje centrum hladu. Uplatňuje se tak dlouhá negativní zpětná vazba: příjem potravy – hromadění tělesného tuku – zvýšení koncentrace leptinu – inhibice příjmu potravy (Vokurka, 2018).

Při obezitě je tuková tkáň často „patofyziologicky změněná.“ Dochází k tomu při jejím zmnožení a metabolickém „přetlaku“ spojeném s oxidačním stresem, zapříčiněným nadbytkem energie, a nerovnováhou mezi oxidací lipidů a jejich přívodem do adipocytu. Tuková tkáň je morfologicky změněná s převažujícím velkými adipocyty, zánětlivě infiltrovaná. Produkuje do celého organismu zánětlivé faktory jako C reaktivní protein (CRP), interleukin 6 (IL-6), tumor nekrotizující faktor (TNF- α), dále látky tělu škodící jako rezistin, inhibitor aktivátoru plazminogenu (PAI-1). Naopak má oslabenou produkci ochranných faktorů, jako je adiponektin chránící před inzulinovou rezistencí, endoteliální dysfunkcí, aterosklerózou, nádorovým bujením apod (Müllerová et al., 2014).

Tabulka 3 Souhrn zdravotních rizik a komplikací obezity (Hainer, 2004)

Metabolické komplikace	Inzulinorezistence – hyperinzulinemie – porucha glukózové tolerance – diabetes mellitus
Poruchy metabolismu lipidů	Dyslipidemie, hypertriacyglycerolemie, hyperurikemie
Endokrinní poruchy	Hyperestrogenismus (zvýšená aromatizace androgenů vede v ukládání estrogenů v tukové tkáni), hypergonadismus u mužů, hyperkortikolizmus, snížená sekrece růstového hormonu, snížená aktivita sympatoadrenálního systému
Kardiovaskulární komplikace	Hypertenze, hypertrofie a dilatace levé komory, ischemická choroba srdeční, snížená kontraktilita myokardu – systolicko – diastolická dysfunkce – srdeční selhání, arytmie – náhlá smrt,

	cévní mozkové příhody, varixy, tromboembolická nemoc (především u androidní obezity)
Respirační komplikace	Hypoventilace a restrikce (Pickwickův syndrom), syndrom spánkové apnoe – riziko výskytu arytmií a náhlé smrti, bronchiální astma
Gastrointestinální a hepatobiliární komplikace	Gastroezofageální reflux, hiátová hernie, cholelitiáza, cholecystitida, pankreatitida, jaterní steatóza
Další komplikace	Gynekologické, onkologické, ortopedické, kožní, psychosociální

2. Léčba obezity

Redukce hmotnosti je spojena s mnoha zdravotními benefity. I minimální snížení tělesné hmotnosti, nejlépe pak doporučený hmotnostní úbytek 5-10 % hmotnosti, může mnohonásobně vylepšit metabolický profil a metabolické komplikace (diabetes, dyslipidémie, arteriální hypertenzi apod.) pacienta. Obzvláště u pacientů s vysokým stupněm obezity vede hmotnostní úbytek v dlouhodobém časovém intervalu ke zlepšení tzv. mechanických komplikací, jako je artróza, bolesti zad a obstrukční spánková apnoe (OSA) (Zlatohlávek et al., 2016). V literatuře je velmi často citována Williamsonova studie, v níž bylo sledováno 43 000 amerických žen, které nikdy nekouřily. V průběhu 12 let byl hodnocen výskyt různých onemocnění (včetně nádorů), v závislosti na redukci hmotnosti, tyto výsledky jsou uvedeny v tabulce 4 (Williamson et al., 1995). Dokazuje to, že není důležité za každou cenu dosahovat extrémních hmotnostních úbytků, které mohou v některých situacích naopak škodit metabolickému stavu. Pro radikální změnu života obézního pacienta však často nestačí redukční hmotnostní úbytek 5-10 %. Redukční dieta musí být stanovena tak, aby nedocházelo k jo-jo efektům, které se velmi často objevují při opakovaných redukcích hmotnosti (Zlatohlávek et al., 2016).

Tabulka 4 Efekt poklesu hmotnosti na mortalitu a výskyt některých onemocnění (Zlatohlávek et al., 2016)

	Redukce o <9 kg	Redukce ≥9 kg
DM 2. typu	-43 %	-35 %
nádory všechny	-39 %	-32 %
nádory související s obezitou	-50 %	-40 %
celková mortalita	-20 %	-20 %

2.1 Redukční dieta

Dieta patří k jednomu ze základních nefarmakologických postupů léčby obezity. Redukční dieta musí být vždy založena na takovém energetickém obsahu, který vede k redukci hmotnosti. Redukční dieta by měla být vždy stanovována individuálně a měla by brát ohledy na přidružená onemocnění.

Mezi hlavní cíle redukční diety patří:

1. redukce hmotnosti,
2. zlepšení metabolického stavu,
 - a) snížit riziko rozvoje aterosklerózy,
 - b) prevence nebo zlepšení arteriální hypertenze,
 - c) snížení hladiny kyseliny močové, apod.,
3. zlepšení příznaků, které mohou souviset s obezitou (zácpa apod.) (Zlatohlávek et al., 2016).

V praxi je velmi důležité vést motivační rozhovory, edukovat pacienta o rizicích obezity a nesmyslných dietách, které jsou v současné době velmi propagované komerčními firmami. Pro úspěšnou spolupráci pacienta a nutričního terapeuta je nezbytné vést jídelní záznamy, aby bylo možné hodnotit stravovací návyky a chyby. Nutriční terapeut by měl pacientovi vysvětlit, že dlouhodobě má smysl výživa přizpůsobená energetické potřebě jeho organismu s ohledem na tělesnou aktivitu. Nejeefektivnější dietní opatření, které vede k redukci tělesné hmotnosti je smíšená strava se sníženým obsahem energie. Při správném dodržování a pravidelných kontrolách zaručuje dostatečné pokrytí esenciálních látek. Pacient si do jisté míry může zachovat své stravovací návyky, co se týče kvality jídla, avšak na úkor kvantity (Kasper, 2015).

V některých zdrojích se stále setkáváme s doporučením redukovat energetický příjem na 3300, 4200, 6300 kJ (800, 1000, 1500 kcal) denně (Kasper, 2015). Takzvané LCD (low calorie diet) a VLCD diety (very low calorie diet) jsou diety o velice nízkém kalorickém příjmu a jsou indikovány pouze pod dohledem lékařů a zkušených nutričních terapeutů. LCD diety jsou diety o energetickém obsahu cca 3600-4200 kJ (800-1000 kcal). Zpravidla se doporučují osobám, které jsou díky opakovaným dietám adaptovány na nízký energetický příjem a pohybují se převážně v domácím prostředí. To mohou být například lidé s omezením pohybové aktivity a minimálním množstvím aktivní tělesné hmoty. Pokud pacient neredukuje ani při takto nízkém energetickém příjmu, můžeme v některých případech snížit energetický příjem až na 2500 kJ (600 kcal). I při těchto dietách je nezbytné provádět aspoň minimální pohybovou aktivitu, aby byl zachován sval v činnosti. Velká naděje na úspěch je, pokud zachováme alespoň 30 g sacharidů denně a převážná část energie tak bude hrazena z tukových zásob, nikoliv z bílkovin po vyčerpání glykogenu. Tyto radikální nízkenergetické diety jsou však určeny pouze na omezené časové období (2-3 týdny), jelikož nesplňují nutriční potřebu pacienta (Zlatohlávek et al, 2016).

Při striktním dodržování takové redukční diety se čistě matematicky dá očekávat redukce hmotnosti, ale pouze krátkodobě. Smíšená strava se sníženým množstvím energie často nebývá dostatečná a většina pacientů ji není schopno dlouhodobě udržet. Podle zkušenosti mnoha studií se dlouhodobého úspěchu při terapii otylosti s kaloricky redukovanou stravou dosáhne pouze v 10-20 % (Kasper, 2015). Příčinou neúspěchu dlouhodobé redukce u striktně redukčních diet je příliš nízký energetický příjem, který by

nikdy neměl dosahovat hodnot nižších, než je klidový energetický výdej. Ten se pohybuje u obézních pacientů minimálně kolem 6000-7000 kJ (Svačina et al. 2018). V současné době se tedy jako vhodnější varianta doporučuje postupná redukce tělesné hmotnosti (0,5-1 kg/týden), kde snížení energetického příjmu nemusí být tak radikální. V první fázi se dosavadní energetický příjem snižuje o 10-15 % (1000-3000 kJ), tedy tak aby celkový energetický příjem nebyl nižší než klidový energetický výdej (Svačina et al., 2018).

Je důležité mít na paměti, že ani výpočet energetického příjmu podle vzorce není u obézních pacientů vhodné řešení, stejně jako není správné řídit se konkrétní redukční dietou se stanoveným množstvím kalorií (Svačina et al., 2018). Redukce tělesné hmotnosti a spolupráce s obézním pacientem by měla probíhat zcela individuálně a vycházet z jeho dosavadních stravovacích návyků.

2.2 Pohybová aktivita

Postupným zařazováním a zvyšováním fyzické zátěže se prohlubuje negativní energetická bilance. Pohybová aktivita musí být vždy stanovena individuálně s ohledem na stupeň obezity a výskyt komorbidit. Důležité je postupně zvyšovat fyzickou zátěž a přizpůsobovat tomu energetický příjem. Za vhodnou pohybovou aktivitu je doporučovaná chůze, plavání, jízda na kole nebo rotopedu. Naopak za nevhodné lze považovat všechny aktivity, při kterých dochází k opakované nadměrné zátěži kardiovaskulárního, plicního a pohybového aparátu (Braunerová et al., 2010). Doporučená je aerobní pohybová aktivita nejméně 4x-5x týdně alespoň 30-45 minut s intenzitou 60-70 % maximální tepové frekvence ke své původní fyzické (odhadem to činí u zdravých osob 220 - věk a 60-70 % z vypočítané hodnoty (Kunešová et al., 2005). Preskripce redukčního programu se nedá oddělit od preskripce pohybové aktivity. Zejména u obézních pacientů musíme počítat s velkým energetickým výdejem i při běžných domácích a pracovních činnostech. Není tudíž třeba předepisovat diety s velkou energetickou restrikcí. Pokles tělesné hmotnosti může být sice pomalejší, ale za to dlouhodobější, díky současnému udržení množství aktivní tělesné hmoty (Zlatohlávek et al., 2016).

2.3 Psychologická léčba

K léčbě obézních pacientů se s úspěchem používá kognitivně-behaviorální terapie, která vychází z předpokladu, že nesprávné (stravovací a pohybové) návyky jsou získané, tedy naučené a dají se tím pádem i odnaučit. Pod psychologickým dohledem se pacient snaží pochopit své myšlenky a změnit je, včetně svého myšlení. Stejně jako v dietoterapii zahrnuje tato terapie metodu sebepozorování, např. zapisování jídelníčku a monitorování okolností příjmu potravy. Velmi často vede ke zvýšenému příjmu potravy stresová situace. Pokud tomu tak je, učí se ji pacient zvládat jiným způsobem, např. pomocí relaxace. Důležité je stanovit si dílčí a reálné cíle, ty jsou předpokladem úspěšné hmotnostní redukce (Braunerová et al., 2010). Studie naznačují, že při úspěšné kognitivně-behaviorální terapii dochází během prvních 6 ti měsíců k hmotnostnímu úbytku 8-10 % (Foster et al., 2005).

2.4 Farmakoterapie

Cílená farmakoterapie je nedílnou součástí komplexního terapeutického postupu v ambulantní praxi praktického lékaře. Farmakoterapie je indikovaná u pacientů s BMI ≥ 30 kg/m² a u pacientů s BMI ≥ 27 kg/m² s komplikacemi (DM 2. typu, hypertenze, dyslipidemie), které nejsou kontraindikací pro podávání příslušného léku (Kunešová, 2005).

Ve farmakoterapii se kvůli své toxicitě minimálně užívají léčiva ovlivňující energetický výdej, vhodnější volbou je ovlivňovat energetický příjem. V současné době se v České republice využívají tři možnosti farmakoterapie: orlistat, kombinace naltrexon+bupropion (Mysimba®) a od listopadu 2018 liraglutid (Saxenda®), který se podává injekčně (Šrámková, 2018). Orlistat (Xenical®) je antiobezitikum, které se využívá v klinické praxi od roku 1998. Orlistat snižuje funkci střevní lipázy, to způsobuje omezené vstřebávání tuků přijatých ve stravě až o 30 %. Omezení resorpce tuků má za následek vznik negativní energetické bilance, která je předpokladem pro snížení tělesné hmotnosti. Orlistat je vhodný ke komplexní léčbě metabolického syndromu (Šrámková, 2018). Kombinace naltrexon s bupropionem je od června 2015 dostupný v USA a v Jižní Koreji. Bupropion – aktivátor proopiomelanokortinové osy jako antidepresivum spolu s antagonistou opioidních receptorů naltrexonem vede ke snížení tělesné hmotnosti. Bupropion byl původně užíván k léčbě depresivních onemocnění a k odvykání kouření. Svým působením snižuje příjem potravy – inhibuje zpětné vychytávání dopaminu a noradrenalinu, potlačuje chuť k jídlu, zvyšuje kontrolu nad jídlem a snižuje craving. Naltrexon je od roku 1984 v léčbě závislosti na opiodech a alkoholu. Snižuje příjem potravy: inhibuje opioidní neurony tlumící hypothalamickou melanokortinovou anorexigenní osu + inhibuje „odměňovací“ systém v CNS (Šrámková, 2018). První GLP (glukagon-like peptid) - 1 byl schválený v roce 2014 pro léčbu obezity a je na trhu pod názvem Saxenda®. V České republice je přípravek schválen Státním ústavem pro kontrolu léčiv a teprve od listopadu 2018 je možná preskripce. Preparát je dostupný v injekční podobě, který se podává 1x denně subkutánně. Jeho dávkování je dvojnásobné než při léčbě diabetu (Šrámková, 2018).

2.5 Chirurgická léčba

Bariatrická metabolická chirurgie se osvědčila jako velmi efektivní metoda při léčbě i profylaxi život ohrožujících komplikací spojených s obezitou. Doporučuje se v případech, kdy obézní pacienti nejsou schopni dlouhodobě udržet váhové úbytky. Na indikaci k chirurgickému zákroku by se měly vždy podílet tyto zdravotní specializace: internista-obezitolog, nutriční terapeut, klinický psycholog zkušený v oboru obezitologie a bariatrický chirurg, popřípadě další odbornosti v závislosti na zdravotním stavu konkrétního pacienta.

Aby pacient mohl podstoupit chirurgické léčbě, měl by splňovat tato kritéria:

- Body mass index (BMI) mezi 40 kg/m² nebo vyšší.
- Body mass index (BMI) mezi 35-40 kg/m², nebo nadváha nižší než o 45 kg podle příslušných tabulek, trpí-li závažnou komorbiditou, která vyžaduje redukci váhy.
- Operování mohou být i nemocní s BMI <35, ale vždy musí takové operační řešení indikovat a doporučit všichni výše zmínění.
- Pacienti musí být soběstační, dokázat se o sebe postarat sami, nebo o ně musí být postaráno tak, aby byla vždy možnost pooperačních kontrol a spolupráce.
- Další individuální kritéria pro volbu chirurgického zákroku (Fried, 2005).

V současné době se nejčastěji používají tyto metody:

- Restriktivní výkony, které omezují příjem potravy zmenšením kapacity žaludku: adjustabilní bandáž žaludku, proximální žaludeční bypass a rukávová (sleeve) resekce žaludku.
- Výkony omezující vstřebávání živin a energie: biliopankreatická diverze.
- Kombinované výkony: biliopankreatická diverze s duodenální výhybkou a žaludeční bypass (Braunerová et al., 2010).

Z těchto metod se v poslední době nejméně využívá metoda čistě restriktivní (bariatrická), jejímž hlavním cílem je především redukce hmotnosti. Větší využití mají zákroky s cílem zlepšení nebo vyléčení metabolických onemocnění s obezitou spojených. Hlavní složkou těchto zákroků, tedy metabolické chirurgie, je vyvolání změn v inkretinové sekreci, v metabolismu žlučových cest, ve funkci beta-buněk pankreatu a mnoho dalších pozitivních změn vedoucích ke zlepšení zdravotního stavu. Mezi typický metabolický zákrok patří například žaludeční bypass (a jeho modifikace), biliopankreatická diverze (a její modifikace), atd. Cílem těchto zákroků je zmenšení množství přijímané stravy a zmenšení plochy vstřebávání ze střeva jeho zmenšením nebo obou těchto metod. Bariatricko-metabolické zákroky se v současné době ve většině případů provádí miniinvazivní laparoskopickou technikou, která je v neustálém rozvoji a jeví se tak jako velmi bezpečná a spolehlivá metoda při obtížných bariatrických operacích (Fried et al., 2018).

3. Energetická bilance organismu-energetický příjem

3. 1 Energetický příjem a využití organismu

Energetický příjem závisí na složení stravy, na zastoupení jednotlivých základních živin (sacharidů, bílkovin a tuků), obsahu vlákniny, mikronutrientů a alkoholu. V české populaci je doporučený denní energetický příjem překračován až o 20-30 % (Lukáš et al., 2015). Energetický příjem na rozdíl od energetického výdeje neprobíhá kontinuálně, proto se část přijaté energie ukládá v podobě energetických zásob tvořených glykogenem a triacylglyceroly. Tato energetická zásoba se využívá v období lačnění a při stavech, které představují pro organismus zvýšenou zátěž, to je například fyzická práce, stres, či nemoc. Příjem potravy je regulován skrze řídicí centra umístěná v hypothalamu. Do „centra hladu“ v laterálním hypothalamu a „centra sytosti“ ve ventromediálním hypothalamu přichází signály mechanické z trávicího traktu, termogenní, nutriční a neurohumorální. Tyto signály snižují nebo naopak zvyšují příjem potravy během krátkodobé nebo i dlouhodobé regulace příjmu potravy (Holeček, 2016).

Pokud energie převyšuje energetický výdej (pozitivní energetická bilance), přebytek této energie se ukládá nejčastěji v podobě tukové tkáně. Mnoho studií potvrdilo příčinný vztah mezi nadměrným příjmem tuků a jednoduchých cukrů a vznikem obezity, avšak rozsáhlejší metaanalýzy dokazují, že je to hlavně výše celkového energetického příjmu, která způsobuje hromadění tuku v organismu (Hainer, 2011).

3.1.1 Sacharidy

Role sacharidů při rozvoji obezity závisí na jejich povaze. Vysoký příjem jednoduchých sacharidů, jako je sacharóza a fruktóza, je spojen s obezitou. Komplexní sacharidy se, oproti tukům a jednoduchým sacharidům, nepodílejí takovou mírou na rozvoji obezity. Až po dlouhodobém nadměrném příjmu sacharidů je začne organismus přeměňovat na zásobní tuk.

Sacharidy mají na rozdíl od tuků nižší energetickou denzitu 17 kJ/g a dobrou sytící schopnost. Podíl sacharidů na vzniku obezity je určován hlavně různou hodnotou glykemického indexu (GI). Nízký glykemický index potravin vede k menšímu postprandiálnímu vzestupu glykemie a inzulinemie a delšímu pocitu nasycení (Hainer, 2011). Glykemický index nám vyjadřuje vliv dané potravin na hladinu glukózy v krvi. Sacharidy potravin s nízkým glykemickým indexem se vstřebávají pomaleji a nezpůsobují výrazné změny glykemie. Důležitým faktorem určujícím hodnotu glykemického indexu konkrétní sacharidové potravin a tím i její kvalitu či vhodnost, je obsah vlákniny. Kromě obsahu a typu sacharidů je hodnota glykemického indexu ovlivňována přípravou dané potravin a jejími dalšími složkami. Tepelná úprava potravy narušuje strukturu sacharidů v ní obsažených a hodnota glykemického indexu vzrůstá (Holeček, 2016). V souvislosti s tím je nutné rozlišovat konkrétní druhy sacharidů. Sacharidy složené (polysacharidy) se dělí na využitelné a nevyužitelné. Využitelné polysacharidy se dělí na oligosacharidy a monosacharidy a jsou využity jako zdroj energie. Ty nevyužitelné, nebo také nevstřebatelné, jsou spolu s ligninem označovány za vlákninu. Vláknina určuje hodnotu glykemického indexu, zpomaluje trávení a vstřebávání sacharidů, a zabraňuje tak náhlému vzniku hyperglykemie. Doporučená denní dávka vlákniny je nad 30 g. Zdrojem vlákniny jsou především obiloviny, ale také luštěniny, zelenina a ovoce (Zlatohlávek et al., 2016). Dalším, avšak menším zdrojem energie, jsou sacharidy jednoduché (též označované jako monosacharidy), které se přirozeně vyskytují v ovoci, zelenině, neslazených mléčných výrobcích, a přidané, které se používají při výrobě moučníků, sladkostí a trvanlivého pečiva. Tyto sacharidy jsou v potravě mnohem méně zastoupeny, ale pro svoji výrazně sladkou chuť jsou konzumovány v nadměrném množství v podobě cukru, džemů a cukrářských výrobků. Vlivem toho je zvýšený výskyt zubního kazu, obezity, hyperlipidemie a diabetu (Holeček, 2016).

Přestože je fruktóza monosacharid obsažený v ovoci, má nízký glykemický index a spolu s vlákninou může příznivě ovlivňovat metabolismus sacharidů. Nicméně i zvýšený příjem fruktózy může způsobit hromadění tuku a vzestup plazmatických triacylglycerolů. Je také třeba rozlišovat vliv čerstvého a vliv sušeného ovoce a věnovat pozornost zvýšenému příjmu ovocných džusů (Hainer, 2011). Od října 2017 je na trhu glukózo-fruktózový sirup, který se smí neomezeně používat. Ze sloučených glukózo-fruktózových molekul se stejně tak stává čistá glukóza a fruktóza. Přestože se naše tělo chová k fruktóze jiným způsobem, zpracovává ji přes játra, při jejím nadbytku ji zčásti přeměňuje na tuk (Kast, 2019).

3.1.2 Bílkoviny

Zvýšený příjem bílkovin nehraje příliš velkou roli při vzniku obezity. Častější výskyt obezity při zvýšeném příjmu živočišných bílkovin je způsoben současným zvýšením příjmem živočišných tuků. Samotné bílkoviny mají stejně jako sacharidy nízkou energetickou denzitu (17 kJ/g) a nejvyšší sytící schopnost. Tlumící vliv bílkovin na příjem potravy je způsoben sekrecí cholecystokininu a glukagonu a také přímým působením

některých aminokyselin (např. tryptofanu jako prekurzoru serotoninu a tyrosinu) na centrum v hypotalamu. Kapacita ukládat bílkoviny je na rozdíl od tuků limitovaná (Hainer, 2011). Doporučená denní dávka bílkovin je 0,8-1,1 g bílkovin na 1 kg ideální tělesné hmotnosti pacienta. Důležitý je hlavně příjem kvalitních plnohodnotných bílkovin živočišného původu, které obsahují přijatelné množství a poměr esenciálních aminokyselin (maso, mléčné výrobky), stejně tak by ale měl být zachován příjem rostlinných bílkovin, které jsou obsaženy v luštěninách a obilovinách. Nedostatek bílkovin v potravě může způsobovat katabolismus organismu, naopak nadbytečný příjem bílkovin významně zatěžuje metabolismus ledvin a jater, což může být u nemocných osob závažným problémem. Musíme mít na paměti, že s příjmem bílkovin živočišného původu, přijímáme také živočišné tuky, včetně cholesterolu. Příjem bílkovin musí být tedy individuálně korigován (Zlatohlávek et al., 2016).

3.1.3 Tuky

Na nadměrném energetickém příjmu mají podíl hlavně tuky. Příčinou je jejich vysoká energetická denzita (38 kJ/g) a nízká sytící schopnost. Tuky by měly tvořit 30 % celkového energetického příjmu. V české populaci však tvoří 36-38 % energetického příjmu, někdy dokonce přesahují 40 % (Hainer, 2011). Vysoký podíl tuků ve stravě nezpůsobuje okamžitý vzestup jejich oxidace, a tak se veškerý nadměrný příjem energie v podobě tuků ukládá do tukových zásob. Kapacita ukládání tukových zásob je v podstatě neomezená. Inzulínorezistence při zmnožení tukových zásob se považuje za takzvaný adaptační mechanismus, který brání dalšímu ukládání triacylglycerolů v tukových buňkách. Obézní i neobézní jedinci často přijímají tuk pro jeho senzorické vlastnosti. Tuk dává pokrmům charakteristickou chuť. Ještě častěji ho konzumují ve sladkých potravinách s vysokým obsahem tuků (Hainer et al., 2011). V redukční dietě bychom se neměli zaměřovat pouze na množství tuku, ale také na jeho kvalitu. Snížit bychom měli především příjem nasycených mastných kyselin (SFA), které se vyskytují hlavně v živočišných potravinách (maso a masné výrobky, sýry, tučné mléčné výrobky, máslo a sádlo) a transmastných kyselin (TFA), které vznikají hydrogenací rostlinných olejů, nebo jsou již obsazeny v tucích mléčných výrobcích, másle a také nekvalitních čokoládách, čokoládových polevách a sladkém trvanlivém pečivu. Naopak bychom měli věnovat pozornost zvýšenému příjmu nenasycených mastných kyselin (MUFA a PUFA), které jsou součástí rostlinných olejů, oříšků, ryb a produktů z nich vyrobených (Zlatohlávek et al., 2016).

3.1.4 Stanovení energetického příjmu

Základem pro správné nastavení energetického příjmu je znalost dosavadní nutriční anamnézy a co nej přesněji zapsaného jídelního záznamu napsaného samotným pacientem v intervalu 7-14 dní. Na základě jídelního záznamu může lékař či nutriční terapeut sestavit redukční program, který bude co nejvíce zohledňovat pacientův denní režim, chuťové preference, případné alergie a intolerance. Takový redukční program by měl vycházet ze současného energetického příjmu, který zjistíme právě spočítáním perfektně zapsaného jídelního záznamu. Restrikce energetického příjmu by měly být pozvolné a vždy by měly probíhat na základě domluvy nutričního terapeuta s pacientem. Doporučený energetický

příjem by nikdy neměl dosahovat hodnot nižších, než je klidový energetický výdej daného pacienta, ten bývá u většiny obézních pacientů 6000–7000 kJ. Dalším klíčem k úspěchu může být stanovení krátkodobých dílčích cílů, které však vedou k dlouhodobým výsledkům (Fried et al., 2018).

Před plánovaným redukčním programem je tedy nezbytné zhodnotit dosavadní stravovací návyky pacienta. To lze nejlépe zjistit z autenticky zapsaného jídelníčku po dobu dvou týdnů. Během této doby jsme schopni zjistit stravovací zvyky i během víkendů, kdy dochází k výrazným změnám. V praxi a v různých výzkumech se však nejčastěji používají jídelníčky zapsané během tří dnů. Ačkoliv je to pro pacienty často obtížné, nejjednodušší je zaznamenávat jídlo ihned po konzumaci. Pokud zapisujeme jídlo zpětně, dochází k podhodnocení dne až o 30-50 %. Stejně tak je důležité zapisovat množství přijaté potravy. Mnoho lidí podhodnocuje porce o 20-30 %. Zejména u příloh dochází často k podhodnocení, neboť v restauracích a následně i v domácích podmínkách přijímají lidé o 20-40 % větší porce (Zlatohlávek et al., 2016).

Tabulka 5 Zásady zapisování jídelníčku (Zlatohlávek et al., 2016)

Zásady zapisování	Důvod
zapisovat okamžitě po konzumaci	zpětné zapisování zvyšuje chybu více než dvojnásobně
zapisovat přesné množství – vážit jídlo	při odhadech dochází k velkému podhodnocení, riziko preskripce velmi přísných diet
zapisovat i nápoje	nápoje mohou obsahovat velké množství energie
zapisovat přesný čas	denní rozložení stravy je pro preskripci diety zásadní
zapisovat k jídlům chuť a hlad	rozlišení hladu a chuti je důležité pro další postup
zapisovat místo konzumace a další okolnosti	

Na základě dobře zapsaného jídelního záznamu jsme schopni určit, zda je pacient dostatečně připraven a schopen zahájit redukční program. Pokud není schopen zapisovat svůj jídelníček, je velká pravděpodobnost, že nebude schopen plánovat a dodržovat ani budoucí redukční program (Zlatohlávek et al., 2016). Z klinických studií vyplývá, že mnoho obézních osob svůj energetický příjem podhodnocují a to o 20-50 % (Kasper & Burghardt, 2015). Stejně tak studie z roku 1986 potvrdila podhodnocení skutečného energetického příjmu u obézních žen o 33 % (Prentice et al., 1986). Studie také prokazují, že k podhodnocování energetického příjmu nedochází na základě velikosti porcí u všech potravin, ale pouze u potravin považovaných za nezdravé (sladkosti, moučníky, smažená jídla). K podhodnocování energetického příjmu tedy dochází na základě restrikce potravin s vysokým obsahem tuků a/nebo cukrů (Livingstone & Black, 2003; Lafay, 2000).

Naším cílem je pomalými kroky edukovat pacienta o zdravé výživě a o zdravém životním stylu, včetně zvýšené pohybové aktivitě. Pacienta musíme dílčími kroky přesvědčit a motivovat k dlouhodobým cílům. Vztah pacienta a nutričního terapeuta je založený na důvěře, pacient by se neměl bát svěřit s jakoukoliv jídelní chybou a vše by měl s důvěrou zapsat do jídelníčku. I přes tyto chyby by měl být pacient zprvu pochválen a až následně edukován, jak se chybám vyvarovat.

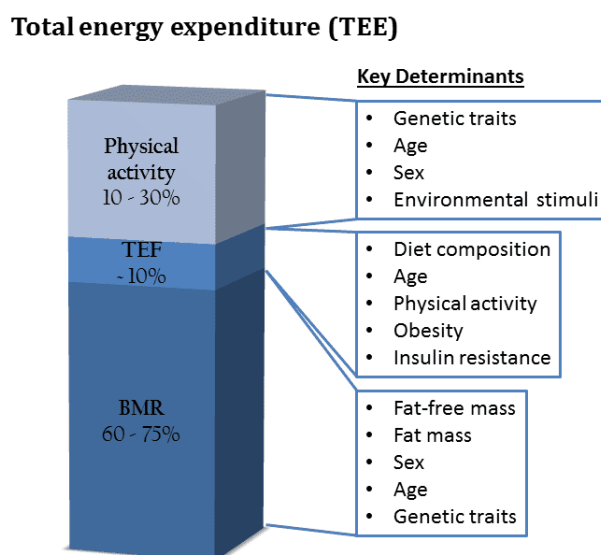
4. Energetická bilance-energetický výdej

4.1 Celkový energetický výdej

Celkový energetický výdej (total energy expenditure, TEE) je energie, kterou organismus každý den spotřebuje a u zdravých osob je dána součtem tří složek: bazálního energetického výdeje (BMR) nebo také klidového energetického výdeje (RMR), postprandiální termogeneze (termického efektu způsobeného příjmem potravy) a energetického výdeje, ke kterému dochází během fyzické aktivity (PA) (Obrázek 1). Stanovení celkového energetického výdeje je důležité pro přizpůsobení množství přijaté stravy jednotlivce. Vždy se musí brát v úvahu míra fyzické aktivity a zdravotní stav, nejen po fyzické, ale i po psychické stránce. (Pinheiro et al., 2011)

Obrázek 1 Složky celkového energetického výdeje

(<https://www.indirectcalorimetry.net/2017/10/04/understanding-indirect-calorimetry/>)



4.2 Bazální energetický výdej

Bazální energetický výdej (basal metabolic rate, BMR) představuje minimální energii, která je potřeba pro udržení životně důležitých funkcí organismu. BMR je jednou z nejdůležitějších fyziologických informací v klinických a epidemiologických nutričních studiích, protože se používá ke stanovení energetické potřeby jednotlivce či celé populace. Jeho stanovení je také užitečné pro porovnávání bazálního energetického metabolismu mezi jednotlivci.

Tato část TEE musí být měřena za normalizovaných a hlídaných podmínek prostředí, jako je kontrolovaná teplota, vlhkost a hluk. Udává se, že i technické faktory, jako je přítomnost spotřebičů v místnosti může ovlivnit měření bazálního energetického výdeje. Osoba musí být zcela v klidu po nejméně 8 hodinách spánku a po 12-14 hodinách lačnění. Během měření však osoba nesmí usnout, musí ležet tiše, uvolněně a pravidelně dýchat.

Bazální energetický výdej je ovlivněn mnoha faktory, jako je etnicita, váha, beztuková tělesná hmota, věk, kuřácké návyky, fyzická aktivita, strava, menstruační období a půst. Dále se na ovlivnění bazálního energetického výdeje mohou podílet chorobné procesy, např. metabolický stres, růst, horečka, spánek a také hormony štítné žlázy a pohlavní hormony (Pinheiro et al., 2011).

4.3 Klidový energetický výdej

Klidový energetický výdej (resting metabolic rate, RMR), největší část TEE, je energie potřebná k udržení základních metabolických činností, včetně udržování tělesné teploty a udržování funkčnosti životně důležitých orgánů, jako je mozek, ledviny, srdce a plíce. Přehled průměrných hodnot RMR vybraných tkání u člověka je uveden v tabulce 6. RMR je definována jako energie, kterou člověk spotřebuje v klidu v indifferenčním prostředí.

Mezi faktory, které ovlivňují RMR, patří tělesné složení, pohlaví, věk, tělesná teplota, genetika, endokrinní systém a stravovací návyky. Beztuková tělesná hmota je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující RMR, čím je totiž vyšší, tím jí vyšší i RMR. RMR je obvykle vyšší u mužů než u žen, což může být způsobeno právě vyšším procentem beztukové tělesné hmotnosti u mužů. Starší jedinci mají nižší RMR ve srovnání s mladšími lidmi. Pokles RMR ve stáří se ukázal jako nezávislý na změnách tělesného složení těla, což naznačuje, že se mohou zapojit i jiné faktory, jako jsou metabolické změny nebo různá energetická omezení. Snaha o snížení tělesné váhy omezením příjmu energie vede k poklesu RMR. Tento jev může vysvětlovat obtíže s udržením úbytku hmotnosti u nízkokalorických diet, které jsou spojeny s biologickou reakcí na energetické omezení (Ndahimana et al., 2017). RMR se měří stejně jako BMR pomocí nepřímé kalorimetrie (NK). Osoba musí být v klidu a v pohodlném prostředí. Na rozdíl od BMR je však doba lačnění pouze 2 až 4 hodiny, BMR vyžaduje mnohem přísnější podmínky. Důsledkem toho je RMR mírně vyšší než BMR (o 3-10 %) (Pinheiro et al., 2011).

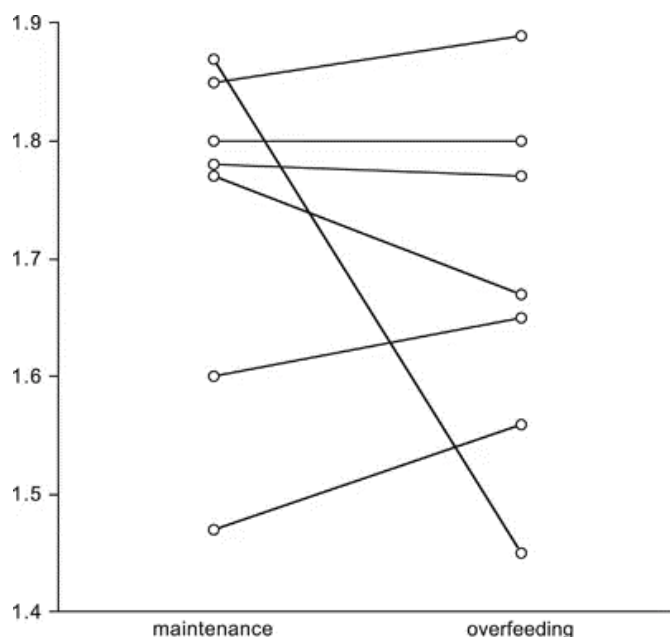
Tabulka 6 Přehled průměrných hodnot RMR vybraných tkání u člověka (Rokyta et al., 2015)

Tkáň	Hmotnost (g)	RMR (kcal/kg)	Celkový RMR (%)
Ledviny	300	440	8
Srdce	350	440	9
Mozek	1500	240	20
Játra	1600	200	19
Tuková tkáň	14000	4,5	4
Kosterní sval	28000	13	22

4.4 Termický efekt potravy

Dietní termogeneze (DIT) nebo také postprandiální termogeneze je součástí TEE, která se vztahuje k energii potřebné pro trávení, absorpci, používání a skladování živin po příjmu potravy. DIT představuje 5 až 15 % TEE a hraje důležitou roli v regulaci energetické rovnováhy a tělesné hmotnosti. Představuje zvýšení nákladů na energii nad RMR, resp. BMR, které může být měřeno několik hodin po jídle. Termický účinek potravin na TEE se liší podle typu příjmu makronutrientu: 0-3 % pro lipidy, 5-10 % u sacharidů a 20-30 % pro bílkoviny. DIT je vyšší pro bílkoviny, protože jejich složitá syntéza vyžaduje alespoň čtyři vysokoenergetické molekuly (ATP) na začlenění aminokyseliny do molekuly bílkovin a velké množství energie na proces urogenese a glukoneogeneze. Existují faktory, které mohou ovlivnit a stimulovat DIT, např. stimul pro autonomní nervový systém, fyzická aktivita, tělesná kompozice, hormony a nejdůležitější dietní složení (Pinheiro et al., 2011). Zvýšený příjem potravy zvyšuje celkový energetický výdej a naopak. Kromě toho nadměrný příjem potravy ovlivňuje klidový energetický výdej a výdej energie fyzickou aktivitou. Překrmování zvyšuje RMR v důsledku změny hmotnosti bez tuku. Výrazné ovlivnění fyzické aktivity nebylo zaznamenáno, až studie s použitím metody dvojité značené vody ukázaly, že nadměrně zvýšený dlouhodobý příjem způsobuje změny indexu fyzické aktivity (Obrázek 2) (Westerterp, 2017).

Obrázek 2 Index fyzické aktivity před a během nadměrného energetického příjmu (Westerterp, 2017)



4.5 Energetický výdej pohybovou aktivitou

Společná vlastnost téměř všech obézních pacientů je nízká pohybová aktivita, která sice nemusí být následek ukládání tuku, ale s jistotou se spolu s dalšími faktory podílí na vzniku obezity. Studie, která sledovala obézní osoby s BMI 33 a porovnávala je s osobami s BMI 23 bylo zjištěno, že obézní osoby měly výrazně nižší energetický výdej, téměř o 350 kcal denně. Ve studii se také zjistilo, že „čipernost“ různých osob udává určitou energetickou spotřebu neohledně na práci nebo na sportovní aktivitu (Kasper et al., 2015). Fyzická aktivita představuje termický účinek jakéhokoliv pohybu, který přesahuje bazální energetický výdej (Pinheiro et al., 2011).

Energetický výdej pohybovou aktivitou (activity energy expenditure, AEE) je nejvíce proměnná mezi složkami TEE, jak na intrapersonální, tak na meziosobní úrovni. U sedavých osob může být o polovinu menší než BMR, zatímco u velmi aktivních lidí, jako jsou někteří sportovci nebo těžká fyzická práce. Faktory ovlivňující AEE je například intenzita, trvání a četnost fyzických aktivit (Ndahimana et al., 2017).

Jako měřítko průměrné denní potřeby energie na fyzickou aktivitu zavedla WHO „physical activity level“ (PAL). Pro jednotlivé aktivity existuje různý tzv. poměr fyzické aktivity (physical activity ratio, PAR), který nám říká o kolik máme navýšit výdej energie při dané aktivitě oproti hodnotě BMR. Součtem PAR jednotlivých aktivit během dne pak získáme PAL (Tabulka 7). Výška PAL je výrazně ovlivněna tělesnou aktivitou, není však měřítkem pouze pro fyzickou aktivitu v zaměstnání nebo v osobní volně, ale je to hodnota celkové denní energetické potřeby pro tělesnou aktivitu, včetně doby ve spánku a v klidovém režimu. Celkový energetický výdej (TEE) tedy získáme vynásobením bazálního energetického výdeje (BMR) a úrovně fyzické aktivity (PAL) (Kasper, 2015).

Tabulka 7 Příklady průměrné denní potřeby energie dospělých osob s různou aktivitou v zaměstnání a ve volném čase (Kasper, 2015)

aktivita v zaměstnání a ve volném čase	PAL*	Příklady
sedavý způsob života, život v leže	1,2	staří, slabí lidé
sedavé zaměstnání, ve volném čase málo nebo žádná namáhavá aktivita	1,4-1,5	úředníci, jemní mechanici
sedavé zaměstnání, občas zvýšená energetická potřeba při práci nebo ve volném čase	1,6-1,7	laboranti, řidiči, pracující u běžícího pásu
práce převážně v chůzi nebo vestoje	1,8-1,9	ženy v domácnosti, číšníci, mechanici, řemeslníci
fyzicky namáhavé zaměstnání	2,0-2,4	zedníci, zemědělci, horníci, výkonní sportovci

*PAL (physical activity level) - denní potřeba energie při tělesné aktivitě jako násobek hodnoty bazálního metabolismu

5. Stanovení klidového energetického výdeje

Existuje mnoho různých metod pro posouzení fyzické aktivity a energetického výdeje. Každá z nich má své výhody, nevýhody a omezení (Tabulka 8). Pochopení těchto metod je důležité pro rozhodnutí, kterou metodu použít pro konkrétní případ (Ndahimana et al., 2017).

Tabulka 8 Výhody a omezení metod měřících energetický výdej (Pinheiro et al., 2011)

Metoda	Výhody	Nevýhody
Metoda dvojité značené vody	Jedná se o metodu, jejíž přesnost je 97-99 % oproti metodě nepřímé kalorimetrie. Měří celkový energetický výdej bez přísně stanovených podmínek na prostředí. Použití deuteria (H ₂) a kyslíku -18 (O ₁₈) dělá tuto metodu velmi bezpečnou.	Je nákladná a vyžaduje sofistikovaná zařízení i vyškolený personál. Neposkytuje informace o energii, která je spalována fyzickou aktivitou a ani informace o oxidaci substrátů.
Přímá kalorimetrie	Vysoce sofistikovaná metoda, považovaná za zlatý standard pro měření celkových energetických nákladů, povoluje subjektu určitý stupeň fyzické aktivity.	Metoda s vysokou komplexností, vysokými náklady, vyžaduje sledování měřené osoby až po 24 hodin.
Nepřímá kalorimetrie	I tato metoda je považována za zlatý standard pro měření RMR a BEE. Je to neinvazivní metoda, přiměřeně přesná a má vysokou	Vysoké náklady, relativně složitá příprava, pro správné použití vyžaduje vyškolený personál.

	reprodukovatelnost. Umožňuje také kvantifikovat a identifikovat oxidaci energetických substrátů. Délka měření je poměrně krátká.	
--	--	--

Život lze považovat za spalovací proces. Metabolismus organismu je neustálý proces výroby energie, která vzniká spalováním paliva ve formě sacharidů, bílkovin, tuků nebo alkoholu. V tomto procesu je spotřebován kyslík (O_2) a vyráběn oxid uhličitý (CO_2). Měření energetických výdajů zahrnuje také měření výroby nebo ztráty tepla, které se nazývá přímá kalorimetrie. Měření výroby tepla měřením spotřeby O_2 a výroby CO_2 se nazývá nepřímá kalorimetrie. V současné době je využívána a preferována hlavně tato metoda (Sobotka et al., 2011).

5.1 Metoda dvojité značené vody

V poslední době se ve světě hojně využívá metoda izotopy značené vody (double labeled water-DLW). Její princip spočívá v pozorování izotopu kyslíku (^{18}O) a izotopu vody (deuteria), které jsou oba vylučovány jiným způsobem z tělesné vody. Po vypití vody se stabilními izotopy (^{18}O a 2H) se izotopy vylučují – deuterium močí a kyslík kromě močí i v podobě CO_2 , který je vydechován (Svačina, 2008).

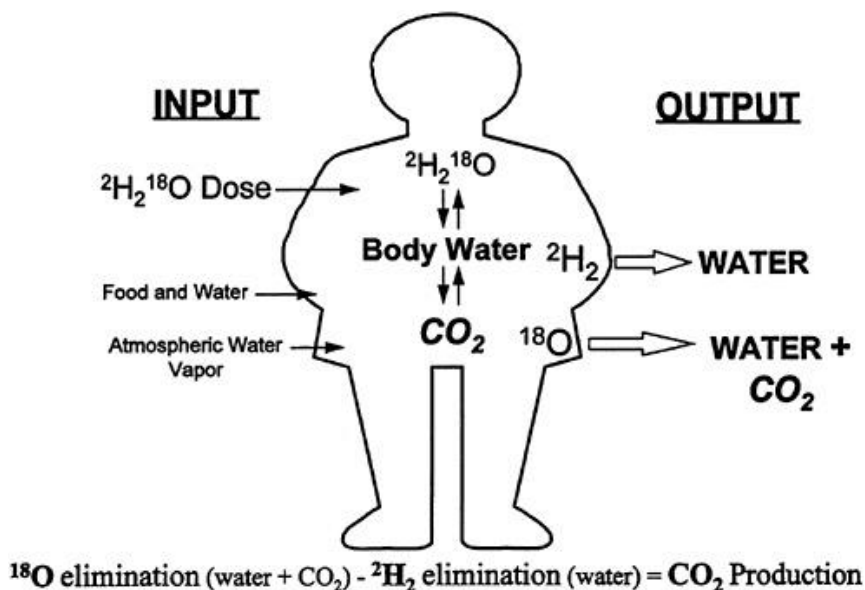
Po změření poměru CO_2 a O_2 , tj. respiračního kvocientu (RQ), ve vydechovaném vzduchu je možno odhadnout energetický výdej, protože izotop ^{18}O je ve vydechovaném CO_2 v rovnováze s ^{18}O v moči. Mezi hlavní nevýhody této metody patří vysoká cena vyšetření a jeho průměrná délka, která trvá 10-12 dní (Svačina, 2008).

Metoda s dvojitě označenou vodou (DLW) byla původně vyvinuta pouze pro měření využití energie u malých savců. Postupně se stala i referenční hodnotou pro měření energetického výdeje u člověka, včetně předčasného kojence, novorozenců, dětí, těhotných žen a jedinců s různými chorobami. Metoda je totiž zcela neinvazivní, klade minimální zátěž na subjekt a může být použita kdekoli (Wong et al., 2014).

Základní princip metody dvojité označené vody (Obrázek 3):

- Subjekt vypije malé množství „těžké“ vody označené deuteriem a kyslíkem -18 (2H_2O a $H_2^{18}O$). Jsou to neradiaktivní izotopy vody, které se volně vyskytují v přírodě.
- Deuterium se v těle dostane do rovnováhy s vodou a stejně jako ona, se vyplaví z tělesného oběhu vody, tj. močí.
- Kyslík -18 se také vylučuje s tělesnou tekutinou, ale jeho větší část se současně začleňuje do oxidu uhličitého a vytrácí se vydechovaným vzduchem
- Je zjištěno, že kyslík -18 se tedy vytrácí z těla rychleji než deuterium.
- Sběr vzorků moči probíhá 14 dní a sleduje se tak množství izotopů, které se z těla vytrácí. Rozdíl mezi izotopy určuje přeměna oxidu uhličitého (Sharma, 2018).

Obrázek 3 Teorie metody dvojité značené vody (DeLany, 1997)

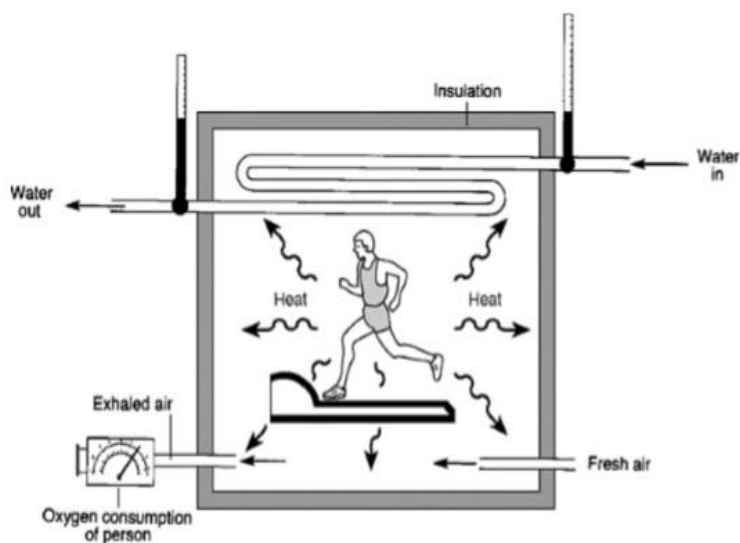


5.2 Přímá kalorimetrie

Přímá kalorimetrie měří rychlost tepelné ztráty předmětu pomocí kalorimetru (Ndahimana et al., 2017). Míra klidového energetického výdeje se nyní častěji odhaduje nepřímě z měření kyslíku spotřebovaného během dýchání, přímá kalorimetrie však poskytuje měřenému subjektu schopnost kvantifikovat teplo vyrobené z aerobního a anaerobního metabolismu měřením výměny tepla mezi tělem a životním prostředím (Kenny et al., 2017).

Tato metoda měří teplo uvolněné tělem, jak pokožkou, tak dýchacími cesty. Proto je nezbytně důležitá izolovaná komora, která je dostatečně velká, aby umožnila určitou míru aktivity. Komorou cirkuluje také série trubek s určitým množstvím vody. Do této vody je následně absorbováno teplo vyprodukované zkoumanou osobou. Změna teploty vody určuje velikost uvolněné energie. Nevýhody této metody jsou vysoké náklady, složitá příprava a délka měření. Jedinec musí být uzavřen v izolované komoře 24 hodin nebo i déle (Pinheiro et al., 2011).

Obrázek 4 Schéma průběhu přímé kalorimetrie (Zdobinský, 2016)

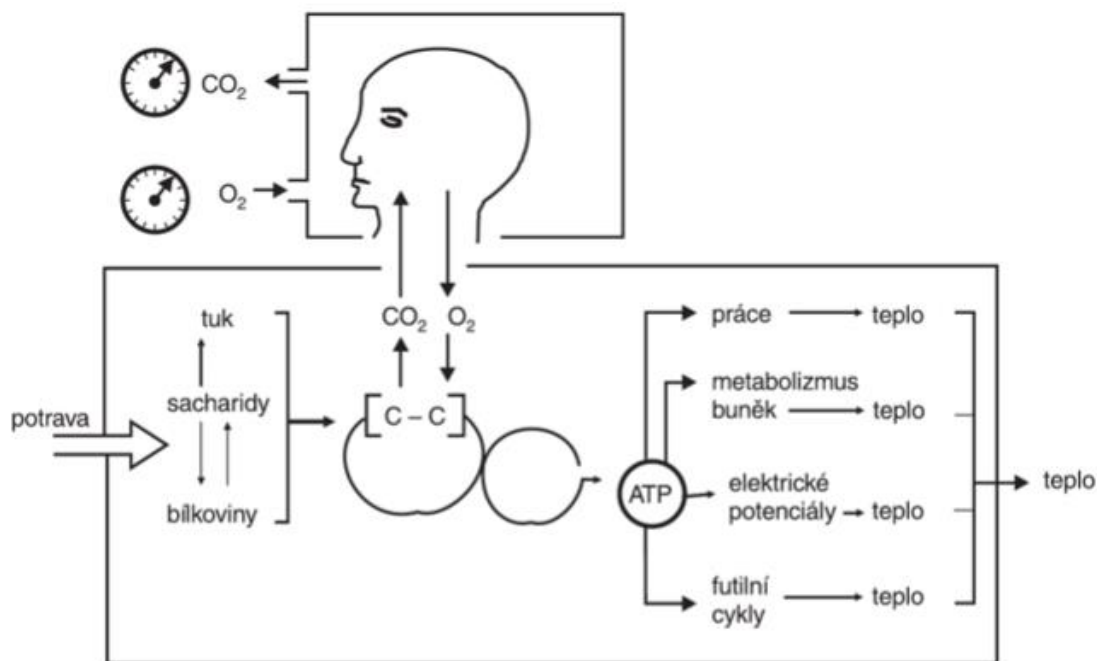


5.3 Nepřímá kalorimetrie

Vedle metod, které se využívají převážně ve výzkumných studiích (přímá kalorimetrie, dvojitě značená voda), se v klinické oblasti využívá nepřímá kalorimetrie. Nejpoužívanější je především u stabilizovaných a kriticky nemocných pacientů (Zadák, 2008). Tato metoda měření energetického výdeje je založena na informacích o přeměnách plynů, které probíhají během metabolických reakcí, a o energetickém výdeji, který je s nimi spjatý. To se dá předvídat z chemických vzorců substrátů a metabolických rovnic. Pokud jsme schopni změřit množství kyslíku, které subjekt spotřebuje během určité aktivity za daný čas, můžeme díky těmto kalkulacím snadno vypočítat jeho produkci tepla či energetický výdej (Sharma, 2018).

Spotřeba energie a využití nutričních substrátů se počítají na základě spotřeby kyslíku (VO_2) a výdeje oxidu uhličitého (VCO_2). K přesnějšímu výpočtu je nutno znát množství katabolizovaných proteinů v určitém období, což se měří pomocí odpadu dusíku (Svačina 2008). Princip nepřímé kalorimetrie znázorňuje obrázek 5.

Obrázek 5 Schéma principu měření metodou nepřímé kalorimetrie (Zadák, 2008)



5.3.1 Předpoklad nepřímé kalorimetrie

Základem metody nepřímé kalorimetrie jsou následující předpoklady:

- spotřeba kyslíku v buňkách a výdej oxidu uhličitého buňkami závisí na utilizaci nutričních substrátů,
- všechny spotřebovaný kyslík a vylučovaný oxid uhličitý procházejí výlučně plícemi,
- plyny se chovají jako „ideální“ plyn (ideální plyn je dokonale stlačitelný a je bez vnitřního tření),
- kyslík a oxid uhličitý se v organismu nehromadí.

Co se týká živého organismu, bývají tyto principy a předpoklady dodržovány, což dává dobrý základ pro měření energetického výdeje. Nepřesnosti jsou však často založeny na tom, že CO_2 a O_2 se nechovají z fyzikálního hlediska jako ideální plyny. Na spotřebě kyslíku se podílí také tvorba ATP a právě spotřeba kyslíku, která je vázaná na tvorbu aktivních kyslíkových radikálů, se od ní nedá odlišit a dochází tak k nerovnoměrnému vylučování CO_2 za krátký časový úsek (Zadák, 2008).

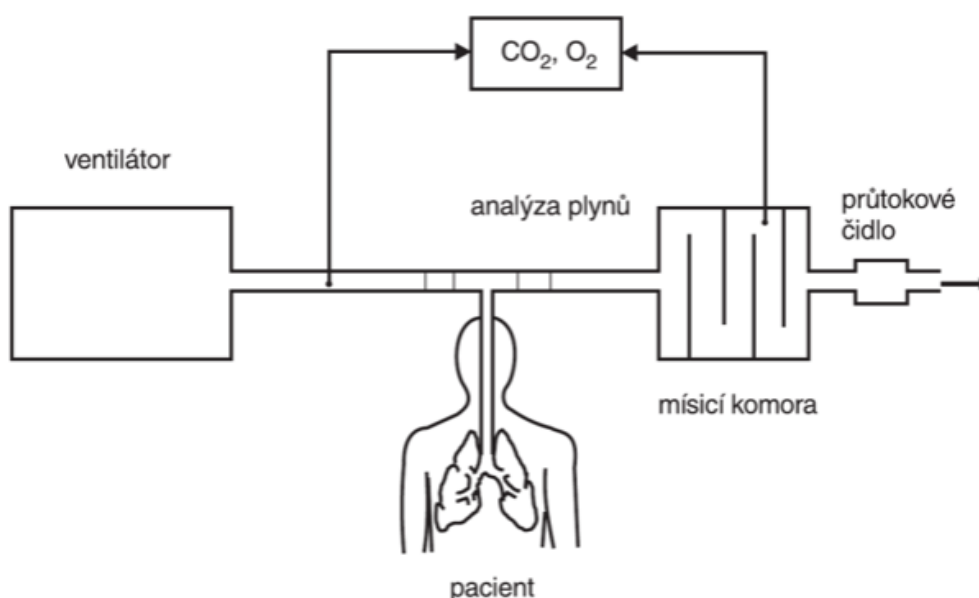
5.3.2 Způsob měření

Nežli začneme s měřením metodou nepřímé kalorimetrie, měli bychom zkontrolovat, zdali jsou splněné tyto podmínky:

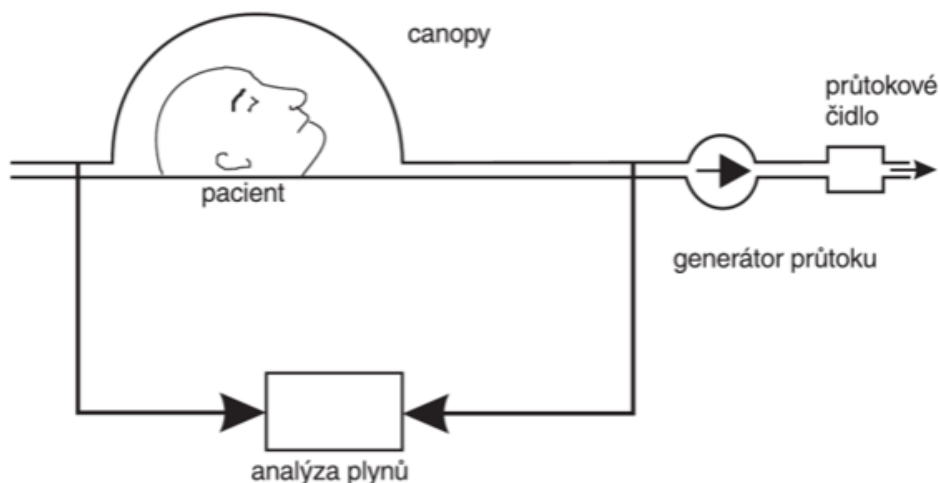
- Provést kalibraci přístroje podle požadavků výrobce.
- Mezi jednotlivými měřeními je nutná pauza minimálně 20 minut, aby si přístroj odpočinul.
- Místo, kde probíhá vyšetření, by mělo být pohodlné a jedinec by měl mít 10 až 20 minut na odpočinek před zahájením měření.
- Dodržení správné délky měření.
- Vyšetřovaná osoba musí být informovaná o průběhu měření, v den měření a den předem by měla omezit náročné fyzické aktivity.
- Potraviny, etanol, kofein a nikotin mohou významně ovlivnit RMR, proto by se měl jedinec vyvarovat konzumaci těchto látek.
- Pacienti musí být v ustáleném stavu nejméně 5 minut (Compher et al., 2006).

Mezi základní komponenty, které jsou nutné k měření patří: analyzátor vydechovaného CO_2 , analyzátor spotřeby O_2 , přístroj schopný s dostatečnou přesností měřit objem vdechovaného a vydechovaného vzduchu a procesor, který nepřetržitě zpracovává měřená data. Princip otevřeného systému nepřímé kalorimetrie s mísicí komorou (pro ventilovaného pacienta) a použitím canopy, nebo také plastikové komory (pro spontánně ventilujícího pacienta) je znázorněn v obrázcích 6 a 7 (Zadák, 2008).

Obrázek 6 Nepřímá kalorimetrie-otevřený systém s mísicí komorou pro měření nemocného na umělé ventilaci (Zadák, 2008)



Obrázek 7 Nepřímá kalorimetrie-otevřený systém měření pomocí canopy u spontánně ventilujícího pacienta (Zadák, 2008)



Původní sběr plynu za určitou časovou jednotku se dříve prováděl do Douglasova vaku, kde následně probíhala analýza koncentrace CO_2 a O_2 . Tento způsob v současné době nahradily moderní metabolické monitory, které využívají k měření nepřímé kalorimetrie ventilované kanopy (plastikové komory pro hlavu vyšetřovaného). Z těchto monitorů je pak možno rovnou zjistit klidový energetický výdej, respirační kvocient (CO_2/O_2) a pokud je dostupná sbíraná moč, můžeme také vypočítat odpad dusíku a rozdíl v oxidaci cukrů, tuků a bílkovin na energetickém výdeji. Stále ale platí, že metoda klade vysoké nároky na personál, který musí přístroj kalibrovat, hlídat standartní podmínky a správně interpretovat výsledky.

Nepřímá kalorimetrie je velice přesná metoda, ale ve většině modifikací představuje nestandardní podmínky pro nemocného a neumožňuje sledovat vývoj energetického výdeje v běžných životních podmínkách. Pro tyto účely se používají méně přesné, ale při sledování celé skupiny pacientů vyhovující metody (Svačina et al., 2008).

5.3.3 Výpočet energetické potřeby z hodnot VO_2 a VCO_2

Spotřeba kyslíku (VO_2) a výdej oxidu uhličitého (VCO_2) je přímo úměrná energetickému výdeji. Energetický výdej je tedy vypočítán z VO_2 a VCO_2 spolu s odpadem dusíku močí, který je důsledkem oxidace aminokyselin. V roce 1949 zveřejnil Weir zjednodušenou rovnici pro výpočet energetického výdeje. K této rovnici využil konstant kalorimetrického ekvivalentu kyslíku pro sacharidy, tuky a proteiny.

$$\text{EE (kcal/den)} = \text{VO}_2 \times (3,94) + \text{VCO}_2 \times (1,11) - \text{odpad urey} \times (2,17)$$

Výsledný výpočet je vyjádřen v kcal za den, VO_2 a VCO_2 v litrech a dusík urey v gramech vyloučených za den. Později Weir upravil vzorec do následujícího zkráceného tvaru, neboť zjistil, že chyba vzniklá nedodržením údajů pro oxidaci proteinů činí pouze 1 % (Zadák, 2008).

$$EE \text{ (kcal/den)} = VO_2 \times (3,9) + VCO_2 \times (1,1)$$

Měřením metodou nepřímé kalorimetrie jsme schopni kromě RMR vypočítat také teplo uvolněné při oxidaci jednotlivých živin (sacharidů, bílkovin a tuků), a to opět na základě spotřeby VO_2 , výroby VO_2 a dusíku vyloučeného močí (Bray & Bouchard, 2014).

Poměr spotřebovaného kyslíku a produkovaného oxidu uhličitého se nazývá respirační kvocient (RQ, respiratory quotient). Tento údaj odpovídá míře využití jednotlivých živin. Pro sacharidy se $RQ=1$, neboť množství spotřebovaného kyslíku se rovná množství vydechovaného oxidu uhličitého. Při oxidaci tuků vzniká pouze 7 molekul CO_2 na 10 molekul O_2 ($RQ=0,7$). Podobně je na tom i respirační kvocient bílkovin ($RQ=0,8$). Při normální smíšené stravě se hodnota respiračního kvocientu pohybuje u zdravého jedince kolem 0,85 (Langmeier, 2009).

Tabulka 9 Porovnání spotřebovaného kyslíku a produkovaného oxidu uhličitého, respirační kvocient (<https://www.indirectcalorimetry.net/2017/10/04/understanding-indirect-calorimetry/>)

Makroživiny	Spotřebovaný O_2	Produkovaný CO_2	RQ (respirační kvocient)
(g)	(l/g)	(l/g)	
Sacharidy	0,829	0,829	1,00
Tuky	2,019	1,427	0,71
Bílkoviny	0,966	0,744	0,80

5.4 Stanovení klidového energetického výdeje výpočtem

5.4.1 Rovnice Harrise-Benedicta

Jako nejčastěji využívaný způsob měření klidového energetického výdeje byly stanoveny tyto čtyři rovnice: rovnice Harrise-Benedicta, rovnice Mifflin-St Jeor, rovnice Owena a rovnice WHO/FAO/UNU (Frankenfield et al., 2005). Nejznámější a stále nejpoužívanější je z nich rovnice Harrise-Benedicta, která byla vypracována na základě matematické závislosti mezi energetickým výdejem a základními antropometrickými parametry (hmotností, výšky, pohlaví a věku) zdravých jedinců (Svačina, 2008).

Tabulka 10 Rovnice Harrise-Benedicta pro výpočet RMR (Harris & Benedict, 1918)

Vzorec pro ženy	$RMR = 655,0955 + (9,5634 \times \text{váha v kg}) + (1,8496 \times \text{výška v cm}) - (4,6756 \times \text{věk v letech}) \text{ kcal/d}$
Vzorec pro muže	$RMR = 66,473 + (13,7516 \times \text{váha v kg}) + (5,0033 \times \text{výška v cm}) - (6,755 \times \text{věk v letech}) \text{ kcal/d}$

Jak vyplývá z výše uvedených vzorců (Tabulka 10), výpočty klidového energetického výdeje jsou odlišné pro ženy a pro muže. K výslednému výpočtu se připočítává 10 % při vzestupu tělesné teploty o 1 °C. U ambulantních pacientů se připočítává až 50 % z výsledného výpočtu, aby došlo k vyrovnání energetických ztrát při pohybové aktivitě. Výpočet rovnice je samozřejmě závislý na věku, na poklesu aktivní tělesné hmoty a na chorobných procesech (Svačina, 2008). Nevýhoda těchto rovnic je, že nezohledňují tělesné složení. To může způsobit nadhodnocení hypermetabolismu u pacientů s podváhou nebo naopak hypometabolismu u obézních pacientů (Sobotka et al., 2011).

Všechny rovnice určené pro výpočet energetického výdeje prošly rozsáhlou validací. Většina rovnic, kromě rovnice Mifflin St Jeor, měly sklon přeceňovat výsledky klidového energetického výdeje. Rovnice Harrise-Benedicta je u osob s obezitou přesná pouze v 38-65 % případech, ve většině případech dochází k nadhodnocování reálných hodnot až o 10% naměřené hodnoty. Míra přesnosti je u obézních osob nižší než u neobézních, proto se také navrhuje rovnice specifická pro obézní populaci (Frankenfield et al., 2005).

5.4.2 Rovnice Mifflin-St Jeor

Prediktivní rovnice Mifflin-St Jeor pro stanovení klidového energetického výdeje (RMR) byla odvozena z dat získaných od 498 zdravých jedinců, z toho bylo 247 žen a 251 mužů, ve věku 19-78 let, 264 jedinců mělo normální hmotnost a 234 jedinců bylo obézních (Mifflin, 1990). Tato rovnice je podle několika studií přesnější než ostatní rovnice testované k odhadu RMR. V porovnání s výsledky naměřenými nepřímou kalorimetrií vykazuje v rozmezí 10 % tohoto naměřeného, ale při použití u jednotlivců a případně při zobecnění na určité věkové a etnické skupiny. Chyby odhadu RMR by byly eliminovány platným měřením RMR s nepřímou kalorimetrickou metodou s použitím protokolu založeného na důkazech k minimalizaci chyby měření. V porovnání s výsledky naměřenými nepřímou kalorimetrií vykazuje ±10 % odchylky a to u 70 % obézních pacientů. Ve většině případů dochází k podhodnocení než k nadhodnocení. Maximální podhodnocení je až 20 % oproti datům získaných z nepřímé kalorimetrie, naopak maximální nadhodnocení je 15 % (Frankenfield et al., 2005).

Tabulka 11 Rovnice Mifflin-St Jeor (Mifflin et al., 1990)

Vzorec pro ženy	$BMR = (9,99 \times \text{váha v kg}) + (6,25 \times \text{výška v cm}) - (4,92 \times \text{věk}) - 161$
Vzorec pro muže	$BMR = (9,99 \times \text{váha v kg}) + (6,25 \times \text{výška v cm}) - (4,92 \times \text{věk}) + 5$

5.4.3 Rovnice Owena

Owen vytvořil rovnici na základě údajů 60 mužů (věk 18-82 let, hmotnost 60-171 kg) a 44 žen (18-65 let, 43-11 kg). Do rovnice byly použity pouze data o hmotnosti, jelikož vliv dalších faktorů byl považován za nedůležité (Owen et al., 1986, Owen et al., 1987). Rovnice predikuje hodnotu BMR s přesností $\pm 10\%$ naměřené hodnoty u 51 % obézních jedinců, u osob s vyšším stupněm obezity potom v 33 % případů. Maximální míra podhodnocení je až 37 % a maximální míra nadhodnocení 15 %. Rovnici Owena nelze doporučit pro použití u osob s obezitou (Frankenfield et al., 2005).

Tabulka 12 Rovnice Owena (Owen et al., 1986, Owen et al., 1987)

Vzorec pro ženy	$BMR = 795 + (7,18 \times \text{váha v kg})$
Vzorec pro muže	$BMR = 879 + (10,2 \times \text{váha v kg})$

5.4.4 Rovnice WHO/FAO/UNU

Rovnice WHO/FAO/UNU vznikla na základě dat získaných od 2 279 mladých mužů a 247 mladých žen, kteří jsou součástí evropských armád či policie. Ve výzkumu se používaly dvě rovnice, z nichž v jedné dosazujeme pouze hmotnost a v druhé hmotnost i výšku. Výsledkem výzkumu bylo hodnocení dat pouze pro přesnost predikce BMR v celé skupině, nikoli u individuálních osob. Tyto rovnice proto není doporučeno používat k predikci BMR u obézních osob (Frankenfield et al., 2005).

6. Metody měření tělesného složení

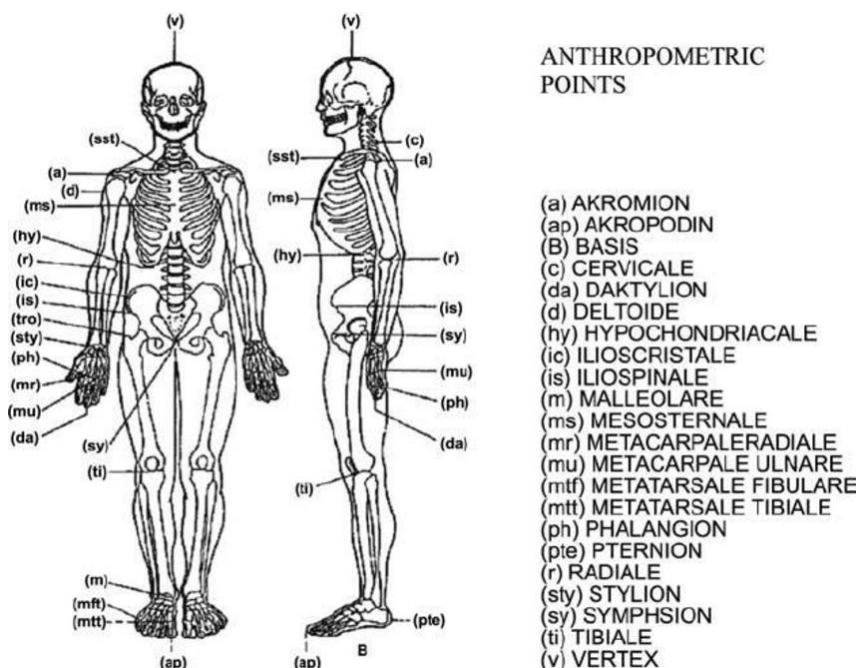
Tělesné složení je pojem používaný k popisu jednotlivých částí těla, které dohromady tvoří tělesnou hmotnost člověka. Kvůli neustálému vzrůstu prevalence obezity a s ní spojených komplikací, vzrůstá i zájem o vytvoření jednoduchých a přesných metod, které by umožňovaly stanovit složení lidského těla (Ghosh et al., 1997).

Měření složení těla se v posledních letech stalo důležitým nástrojem jak v klinické medicíně, tak v biologickém výzkumu. Bylo vyvinuto mnoho technik, které měří různé složky těla. Pro měření všech složek neexistuje pouze jedna technika, zato ale existuje několik technik měřících více než jednu složku. Existuje také několik technik pro měření stejné komponenty nebo komponent. Například existuje několik metod pro výpočet tělesné hmotnosti bez tuku. (Grossman et al., 1962). Měřením složení těla se určuje obsah tukové tkáně, beztukové hmoty, vody, kostních minerálů a dalších složek těla. K odhadu tělesného složení se využívají laboratorní a terénní metody. Laboratorní metody, například podvodní vážení a metoda duální rentgenové absorpciometrie jsou nepřesné a často jsou využívány jako referenční metody. Tyto metody jsou velmi nákladné, a proto se využívají pouze ve výzkumech (Ellis, 2000). Terénní metody, jako je metoda bioelektrické impedance nebo predikční rovnice, které vycházejí z antropometrických měření jsou méně přesné, ale nacházejí širší uplatnění díky snadné aplikovatelnosti a jejich nižší ceně. Složení lidského těla je projevem genetických a nutričních faktorů. Může se změnit v důsledku exogenních vlivů, jako je nemoc, strava nebo pohybová aktivita. Antropometrie a denzitometrie se používají po celá desetiletí, ale metoda bioelektrická impedance je novější (Brodie et al., 1998).

6.1 Antropometrie

Antropometrie je systém měření a pozorování lidského těla a jeho částí. Přestože je tato metoda nejstarší a nejvíce propracovaná, nelze s ní popsat celé tělo, protože ne všechny charakteristiky jsou měřitelné. Základem měření je soustava antropometrických bodů na hlavě, trupu a končetinách (Obrázek 8). Z těchto bodů pak vycházejí somatické rozměry-tj. základní výškové a délkové rozměry, šířkové rozměry, obvodové rozměry (Kokaisl, 2007).

Obrázek 8 Měrné body na těle (Ujević et al., 2006)



K základnímu antropometrickému vyšetření se používají tyto nástroje: posuvné měřítko, antropometr, kefalometr, torakometr, či kaliper. Dále se využívá pásové měřidlo, podobné krejčovskému metru a váhy ke zjištění tělesné hmotnosti. Antropometrický výzkum je založen na mnoha antropometrických vyšetření, jejichž výsledky vzájemně porovnáváme. Metody antropometrie jsou standardizovány, takže jsou celosvětově srovnatelné. Antropometrická měření jsou jednou z možností sledování výživového stavu jedince. Z výsledků vyšetření lze zjistit množství tuku v těle a jeho rozložení, ideální tělesnou hmotnost ke svému věku a tělesné výšce. Právě tyto dva rozměry jsou v antropometrii nejvýznamnější, tělesná výška a hmotnost. Tělesnou výšku definujeme jako vzdálenost mezi nejvyšším bodem na temeni hlavy a podložkou. Pro zjišťování tělesné hmotnosti je důležité, aby byl měřený ve spodním prádle a nejlépe nalačno (Kokaisl, 2007).

Velmi známým a do dnešní doby využívaným ukazatelem ideální tělesné hmotnosti je tzv. **Brocův index**. Výpočet je velmi jednoduchý a lehce zapamatovatelný: od výšky v cm se odečte číslo 100 a výsledkem je maximální doporučená váha pro danou výšku. Modifikovaný Brocův index nám umožní zjistit, kolik kg tělesné hmotnosti přebývá nad hranicí doporučené váhy (Kokaisl, 2007).

(Modifikovaný) Brocův index = $m \cdot (v-100)$
--

m ... hmotnost

v výška

Stále nejznámějším a nejvyužívanějším indexem je **Body-Mass Index (BMI)**, což je poměr mezi tělesnou hmotností v kg a druhou mocninou výšky v cm.

BMI = m/v^2

m ... tělesná hmotnost v kg

v^2 ... druhá mocnina tělesné výšky v m

Pomocí BMI můžeme určit doporučené rozmezí tělesné hmotnosti na základě výšky, pohlaví a doporučeného rozmezí BMI. Při zařazování lidí do kategorií BMI je nutno mít na zřeteli míru fyzické aktivity daného jedince. Zvláště u vrcholových sportovců, např. kulturistů, kteří pravidelně posilují objemový trénink a jejich BMI by je zařadilo do kategorie nadváhy, přestože mohou mít minimum tuků. BMI je tedy velmi nevhodný jako ukazatel tuku v těle, jak množství tuku, tak jeho rozložení (Kokaisl, 2007).

Z tohoto důvodu se začal používat index **Waist-Hip Ratio (WHR)**, který je v současné době nejpoužívanějším ukazatelem rozložení tuku. WHR je poměr obvodu břicha (pasu) v cm a obvodu boků rovněž v cm. Tento index je vhodné doplňovat s BMI (Kokaisl, 2007). V klinické praxi se ke zjištění množství tělesného tuku používá nejčastěji metoda tzv. kaliperace, která je odvozená od měřicího přístroje kaliperu, kterým se měří tloušťka kožních řas na těle. Kaliperace je levná, neinvazivní a lehce použitelná i ve špatných klinických podmínkách (Vilikus et al., 2015). Kromě těchto parametrů se často využívají i obvodové rozměry, např. obvod hrudníku, obvod paže, obvod předloktí, obvod lýtky, atd (Kokaisl, 2007).

Tabulka 13 WHR = obvodu pasu (cm) /obvod boků (cm) (Kokaisl, 2007)

Kategorie	Muži WHR	Ženy WHR
Spíše periferní	x-0,84	x-0,74
Vyrovnaná	0,85-0,89	0,75-0,79
Spíše centrální	0,90-0,94	0,80-0,84
Centrální (riziková)	0,95- x	0,85- x

6.2 Denzitometrie

Denzitometrie je finančně nenáročná, neinvazivní metoda, kterou je možno kdykoliv opakovat. Denzitometry jsou přístroje založené na měření ultrazvukových vln po průchodu vyšetřovanou oblastí. Kromě použití pro odhad tělesného složení se tato metoda používá také pro stanovení denzity kostní tkáně (Přidalová et al., 2006). Denzitometrie je metoda založena na dvoukomponentovém modelu lidského těla, jehož komponenty mají rozdílnou denzitu.

Princip denzity je založen na třech předpokladech:

- odlišné denzity dvou komponent jsou relativně konstantní u všech jedinců,
- úroveň hydratace FFM (tukuprosté hmoty) je relativně konstantní,
- poměr kostních minerálů ve vztahu ke svalovým proteinům je také konstantní.

Největším zdrojem odlišností v denzitě FFM jsou rozdíly v její hydrataci, což vede k chybě odhadu tuku až kolem 2,7 %. Stejně tak poměr minerálů a proteinů může být variabilní, že vede k chybě 2,1 %. Podobnou denzitu může způsobit i proměnlivost denzity kostní tkáně (Jirásková, 2010).

6.3 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance je metoda založena na principu chování atomových jader jako magnetů. Silné magnetické pole, které přístroj vysílá, ovlivňuje pohyb vodíkových iontů. Vzhledem k tomu, že vodík je součástí vody, je téměř všude. Je možno využít kontrastní látky. Výsledky této metody jsou velmi slibné, avšak technické problémy a náklady na příslušná zařízení limitují její využití. Metoda je časově náročná, ale nevyžaduje spolupráci měřené osoby. Lze ji také využít pro zjištění viscerálního tuku (Pastucha, 2014).

6.4 Bioelektrická impedanční analýza

Během posledních dvaceti let bylo provedeno mnoho výzkumů v analýze bioelektrické impedance (BIA) částí těla. Jedná se o relativně přístupnou metodu měření tělesné kompozice, která je v klinické praxi často používána. Metoda BIA je založena na skutečnosti, že odolnost vůči střídavému elektrickému proudu závisí na tělesném složení (zejména na obsahu a rozložení vody a elektrolytů). V případě zdravého organismu je obsah vody v tukuprosté hmotě (FFM) relativně konstantní. Tuková hmota (FM) obsahuje nízké množství vody a elektrolytů, a proto je její odolnost vysoká (Sobotka et al., 2011). Díky nízkému nebo naopak vysokému obsahu vody a elektrolytů se jednotlivé složky a tkáně těla chovají buď jako vodiče nebo izolanty. Metoda je tedy založena na elektrických vlastnostech vody a elektrolytů, potažmo jednotlivých tkání, které jsou různě bohaté na vodu (Kolářková, 2012).

7. Praktická část

7.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce (C_0) je u souboru obézních osob, pacientů Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, srovnat výsledky měření klidového energetického výdeje (RMR) metodou nepřímé kalorimetrie, hodnoty klidového energetického výdeje vypočítané podle rovnice Harrise-Benedicta a skutečný energetický příjem propočtený ze záznamů stravy získaných od pacientů. Do výzkumu byli zahrnuti pouze noví pacienti, u kterých v předešlém období nedocházelo k redukci hmotnosti. Totéž je hodnoceno u kontrolního souboru osob s BMI v pásmu ideální váhy ($18,5$ - 25 kg/m^2). K získaným datům je doplněn údaj o tělesném složení osob z výzkumného i kontrolního souboru se zaměřením na množství svalové tkáně, která je jedním z hlavních faktorů určujících velikost klidového výdeje energie jedince. Pro splnění hlavního cíle byly stanoveny dva dílčí cíle.

Dílčí cíle:

C_1 Zjistit absolutní a relativní odchylku mezi hodnotami RMR naměřenými metodou nepřímé kalorimetrie a hodnotami RMR vypočítanými rovnicí Harrise-Benedicta.

C_2 U všech pacientů z výzkumného souboru propočítat průměrný energetický příjem ze stravy a získané hodnoty porovnat s hodnotami RMR změřenými nepřímou kalorimetrií.

7.2 Hypotézy

V zájmu plnění výše uvedených cílů byly stanoveny následující hypotézy:

H_1 Mezi výsledky metody nepřímé kalorimetrie a prediktivní rovnicí Harris-Benedicta je statisticky významný rozdíl.

H_2 U všech respondentů z výzkumného souboru bude propočtený energetický příjem vyšší než hodnota RMR změřená nepřímou kalorimetrií.

7.3 Úkoly

Pro řešení hypotéz a splnění stanovených cílů byly stanoveny tyto úkoly:

- U souboru obézních jedinců a jedinců s normální tělesnou hmotností zjistit jejich klidový energetický výdej pomocí metody nepřímé kalorimetrie.
- Od těchto jedinců získat autentický minimálně 3denní záznam stravy.

- U obou souborů vypočítat hodnotu klidové energetického výdeje dle prediktivní rovnice Harrise-Benedicta, která vychází z údajů o věku, současné tělesné hmotnosti, výšce a pohlaví.
- Určit testovací kritérium a výsledná data statisticky vyhodnotit.
- Stanovit závěry.

7.4 Charakteristika souboru pacientů

7.4.1 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor zahrnuje 50 osob, 36 žen a 14 mužů, pacientů Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Do výzkumu byli zahrnuti pouze noví pacienti, u kterých v předešlém období nedocházelo k redukci hmotnosti. Průměrný věk u žen je 46 let a u mužů 51 let. Průměrné BMI u žen je 38,2 kg/m² a u mužů 35,5 kg/m². Přehlednou charakteristiku výzkumného souboru žen ukazuje tabulka 15, výzkumného souboru mužů tabulka 16. Všechny osoby podstoupily měření metodou nepřímé kalorimetrie, rovněž byl u nich vypočítán klidový energetický výdej dle rovnice Harrise-Benedicta, a na základě autentických jídelních záznamů byl propočten jejich skutečný energetický příjem. Naměřené i vypočítané hodnoty RMR a hodnoty energetického příjmu byly následně statisticky zpracovány a vyhodnoceny.

Tabulka 14 Charakteristika výzkumného souboru (n=50)

Charakteristika	Průměrné hodnoty výzkumného souboru (n=50)
Věk (roky)	48,43
Hmotnost (kg)	105,9
Index tělesné hmotnosti (kg/m ²)	36,8

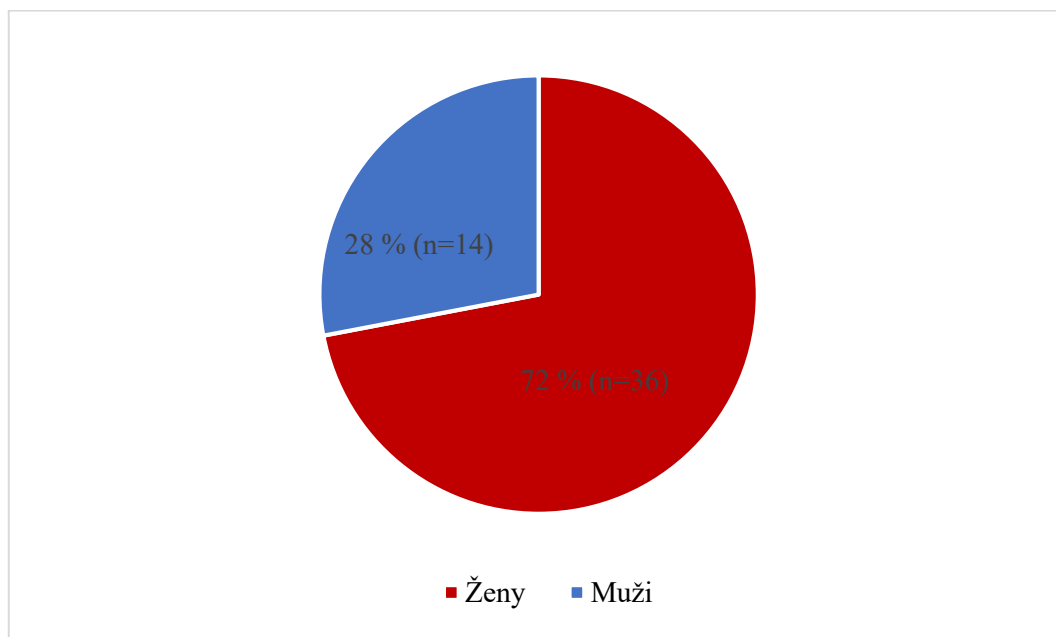
Tabulka 15 Charakteristika výzkumného souboru-ženy (n=36)

Charakteristika	Průměrné hodnoty výzkumného souboru-ženy (n=36)
Věk (roky)	45,8
Hmotnost (kg)	105,5
Index tělesné hmotnosti (kg/m ²)	38

Tabulka 16 Charakteristika výzkumného souboru-muži (n=14)

Charakteristika	Průměrné hodnoty výzkumného souboru-muži (n=14)
Věk (roky)	51,1
Hmotnost (kg)	121,6
Index tělesné hmotnosti (kg/m ²)	35,5

Graf 1 Zastoupení žen a mužů ve výzkumném souboru



7.4.2 Kontrolní soubor

Kontrolní soubor zahrnuje 25 osob, 13 žen a 12 mužů. Průměrný věk u žen je 30 let a u mužů 35 let. Průměrné BMI u žen je 21,3 kg/m² a mužů 23,3 kg/m². Přehlednou charakteristiku kontrolního souboru žen ukazuje tabulka 18, kontrolního souboru mužů tabulka 19. Z těchto údajů vyplývá, že všech 25 osob zařazených do kontrolního souboru dosahuje svým BMI pásma ideální váhy (18,5-25 kg/m²). Stejně jako osoby výzkumného souboru, i osoby kontrolního souboru absolvovaly měření metodou nepřímé kalorimetrie, vypracovaly minimálně 3denní jídelní záznam umožňující stanovit jejich energetický příjem a byl u nich vypočítán klidový energetický výdej podle prediktivní rovnice Harrise-Benedicta.

Tabulka 17 Charakteristika kontrolního souboru (n=25)

Charakteristika	Průměrné hodnoty kontrolního souboru (n=25)
Věk (roky)	33
Hmotnost (kg)	69,3
Index tělesné hmotnosti (kg/m ²)	22,3

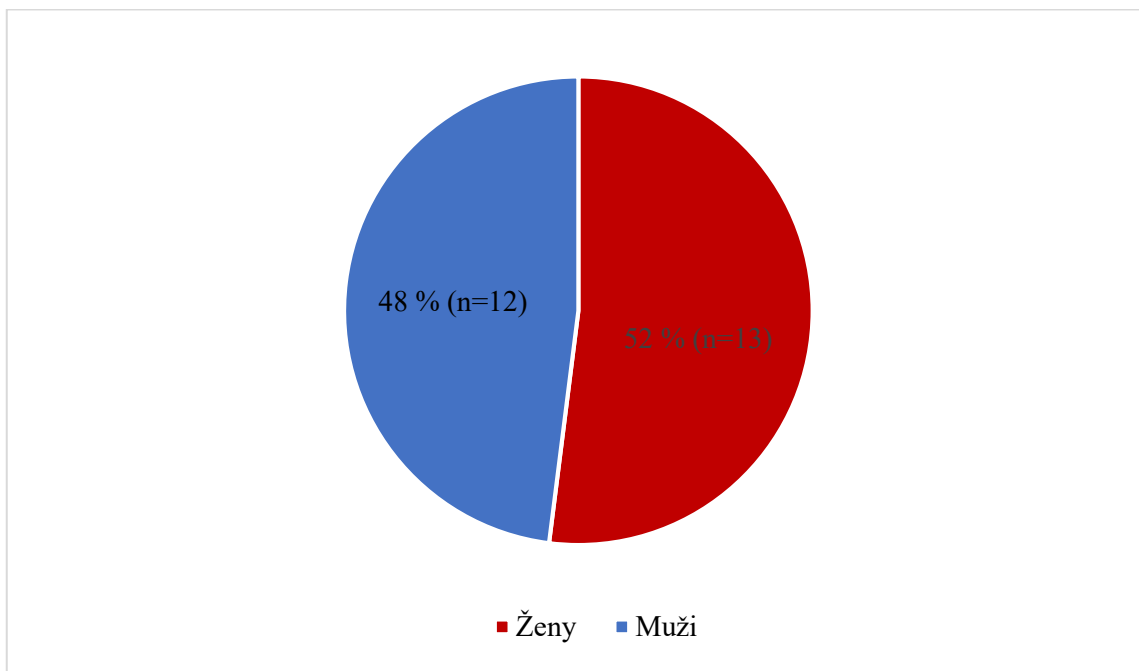
Tabulka 18 Charakteristika kontrolního souboru-ženy (n=13)

Charakteristika	Průměrné hodnoty kontrolního souboru-ženy (n=13)
Věk (roky)	30,8
Hmotnost (kg)	62,3
Index tělesné hmotnosti (kg/m ²)	21,3

Tabulka 19 Charakteristika kontrolního souboru-muži (n=12)

Charakteristika	Průměrné hodnoty kontrolního souboru-muži (n=12)
Věk (roky)	35,1
Hmotnost (kg)	76
Index tělesné hmotnosti (kg/m ²)	23,3

Graf 2 Zastoupení žen a mužů v kontrolním souboru



7.5 Metodika

7.5.1 Použité výzkumné metody

Nepřímá kalorimetrie

Všechny osoby jak z výzkumného, tak z kontrolního souboru, podstoupily jedno měření metodou nepřímé kalorimetrie (NK). Tato měření probíhala na III. interní klinice Všeobecné fakultní nemocnice v Praze v ambulanci nutričních terapeutů. Pro měření NK byl použit přístroj Cortex MetaLyzer 3B-R2. Pro získání co nejpresnějších výsledků byly měřené osoby již před měřením důkladně edukovány a současně byly během měření dodrženy stanovené podmínky:

- Přístroj byl před každým měřením kalibrován podle požadavků výrobce.
- Měřená osoba nepožila alkohol, nikotin ani jiné návykové látky minimálně 8 hodin před samotným měřením.
- Měřená osoba byla minimálně 8 hodin před měřením ve fyzickém klidu a nevykonávala žádnou fyzicky náročnou aktivitu.
- Měření se prováděla na pohodlném lůžku vleže, v tiché a klimatizované místnosti

- Před zahájením měření měla měřená osoba dostatek času na zachování fyzického klidu.
- I během měření byla osoba ve fyzickém a psychickém klidu.
- Měřená osoba byla poučena, že během měření nesmí usnout a musí zůstat v bdělém stavu.
- Zachováním těchto podmínek dosáhla měřená osoba ustáleného stavu po dobu minimálně 5 minut.

Prediktivní rovnice Harrise-Benedicta

U všech jedinců jak výzkumného, tak kontrolního souboru byla spočítána hodnota RMR pomocí rovnice Harrise-Benedicta (HB) (Tabulka 20). Rovnice byly spočítány dosazením údajů o věku, pohlaví, výšce a tělesné hmotnosti. Vzhledem k tomu, že výsledkem rovnice Harrise-Benedicta predikuje hodnotu klidového energetického výdeje (RMR), není nutno výsledky rovnice dále upravovat.

Tabulka 20 Rovnice Harrise-Benedicta pro výpočet RMR (Harris & Benedict, 1918)

Vzorec pro ženy	$\text{RMR} = 655,0955 + (9,5634 \times \text{váha v kg}) + (1,8496 \times \text{výška v cm}) - (4,6756 \times \text{věk v letech}) \text{ kcal/d}$
Vzorec pro muže	$\text{RMR} = 66,473 + (13,7516 \times \text{váha v kg}) + (5,0033 \times \text{výška v cm}) - (6,755 \times \text{věk v letech}) \text{ kcal/d}$

7.5.2 Metody sběru dat

Veškerá data byla získána v nutriční ambulanci na III. interní klinice Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, kam pacienti pravidelně dochází na kontroly a kde také probíhalo měření metodou nepřímé kalorimetrie. Na kontroly pacienti vždy přinášeli své zapsané jídelní záznamy z 3 až 7 uplynulých dnů. O správném zapisování jídelních záznamů byli pacienti edukováni již při první návštěvě nutričního terapeuta, záznamy stravy tedy obsahovaly i údaje o množství jednotlivých složek a bylo tedy možné získat z nich poměrně přesná data o energetickém příjmu.

Sběr jídelníčků probíhal od září 2018 do ledna 2019, stejně jako měření nepřímou kalorimetrií. Součástí vyšetření bylo také měření tělesného složení bioimpedanční metodou, které se provádělo na přístroji InBody 230. Na základě tohoto vážení byl ke konkrétnímu jedinci přiřazen i jeho věk a základní antropometrické údaje (výška, aktuální tělesná hmotnost, BMI). Sběr veškerých výše uvedených dat se uskutečnil se souhlasem etické komise (EK) VFN při 1.LF UK, který je přiložen v závěru této práce.

7.5.3 Metody zpracování dat

Autenticky zapsané jídelní záznamy byly podmínkou pro měření nepřímou kalorimetrií, pacienti tedy byli povinni přinést je v den měření. Následně z nich byly vybrány 3 po sobě následující dny, které předcházely dnu měření a byly nepřesněji zapsány. Analýza jídelních záznamů byla následně provedena prostřednictvím webové aplikace *Kalorické tabulky* (www.kaloricketabulky.cz), která je volně přístupná a v současné době obsahuje nejobsáhlejší databázi potravin v České republice. Na podkladě správné edukace nutričními terapeuty a jednoduchému přístupu on-line do kalorických tabulek zapisovala velká část pacientů svůj jídelníček přímo do kalorických tabulek, zbylá část pacientů zapisovala jídelní záznam na papír. Celkové hodnoty přijaté energie, makroživin a vlákniny ve vybraných 3 dnech byly zprůměrovány a následně porovnány mezi souborem obézních pacientů a osob s normální hmotností. Výsledná data byla zpracována pomocí programu Microsoft Office 2016 (MS Excel) do tabulek a grafů. Stanovené hypotézy byly testovány s využitím párového t-testu na střední hodnotu.

7.5.4 Analýza dat

Získaná data byla vyhodnocena v programech Microsoft Excel a Statistica.

7.5.5 Statistický test

Pro hodnocení získaných dat byl zvolen nejčastěji využívaný parametrický párový t-test na střední hodnotu. Párový t-test slouží k porovnání středních hodnot mezi prvními a druhými prvky uspořádaných dvojic v rámci jednoho výběrového souboru. Získané hodnoty z kontrolní a pokusné skupiny tvoří páry, které reprezentují při testování hypotéz. V testu vycházíme z rozdílů získaných párových hodnot. Testujeme hypotézu (H_0), že rozdíl středních hodnot mezi prvními a druhými prvky uspořádaných párů je nulový. Výsledkem je zjištění, zda se výsledky v jedné skupině významně liší od výsledků v druhé skupině. Jestliže hodnota testovacího kritéria (t_{Stat}) nespadá do intervalu kritického oboru ($t_{\text{krit}}(2)$), tedy platí vztah $t_{\text{Stat}} > t_{\text{krit}}(2)$, zamítá se nulová hypotéza (H_0), tzn. rozdíl středních hodnot mezi prvními a druhými prvky uspořádaných dvojic je statisticky významný.

Postup párového t-testu:

1. stanovení testovacího kritéria – t_{Stat} ,
2. hladina významnosti – $\alpha = 0,05$,
3. stanovení kritického oboru (tabulkové kritické hodnoty) – t_{krit} ,
4. porovnání hodnoty $t_{\text{krit}}(2)$ s hodnotou t_{Stat} .

7.6 Výsledky

7.6.1 Splnění hlavního cíle

Hlavním cílem práce (C_0) je u souboru obézních osob, pacientů Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, srovnat výsledky měření klidového energetického výdeje (RMR) metodou nepřímé kalorimetrie, hodnoty klidového energetického výdeje vypočítané podle rovnice Harrise-Benedicta a skutečný energetický příjem propočtený ze záznamů stravy jídelníčků získaných od pacientů. Pro splnění hlavního cíle byly stanoveny dva dílčí cíle.

7.6.2 Splnění dílčího cíle 1

C_1 Zjistit absolutní a relativní odchylku mezi hodnotami RMR naměřenými metodou nepřímé kalorimetrie a hodnotami RMR vypočítanými rovnicí Harrise-Benedicta.

Pro porovnání výsledků Harrise-Benedicta a nepřímé kalorimetrie byl použit párový t-test na střední hodnotu. Párový test je nejčastěji používaným parametrickým testem a používá se pro testování rozdílu dvou středních hodnot (nejčastěji mezi výzkumnou a kontrolní skupinou).

Postup párového t-testu:

1. stanovení testovacího kritéria – t Stat,
2. hladina významnosti – $\alpha = 0,05$,
3. stanovení kritické oboru (tabulkové kritické hodnoty) – t krit,
4. porovnání hodnoty t krit (2) s hodnotou t Stat.

Klíčové pro interpretaci výsledků t-testu jsou hodnoty t Stat a t krit (2). Pokud t Stat < t krit, platí nulová hypotéza, tj. střední hodnoty jsou shodné. Je-li t Stat > t krit (2), tak platí alternativní hypotéza, tj. střední hodnoty jsou rozdílné. Vztah t Stat > t krit (2) tedy dokazuje statisticky významný rozdíl mezi výsledky prediktivní rovnice Harrise-Benedicta a metody nepřímé kalorimetrie na základě 5 % hladiny významnosti.

Tabulka 21 Párový t-test na střední hodnotu-výzkumný soubor obézní ženy (n=36)

	RMR (HB) kJ/d	RMR (NK) kJ/d
Stř. hodnota	7312,189271	8084,497778
Rozptyl	511977,2094	2056785,668
Pozorování	36	36
Pears. Korelace	0,5543509673	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	35	
t Stat	-3,873606009	
P(T<=t) (1)	0,0002246424624	
t krit (1)	1,689572458	
P(T<=t) (2)	0,0004492849247	
t krit (2)	2,030107928	

Tabulka 22 Párový t-test na střední hodnotu-výzkumný soubor obézní muži (n=14)

	RMR (HB) kJ/d	RMR (NK) kJ/d
Stř. hodnota	9645,493371	10031,84
Rozptyl	1398363,678	3511670,323
Pozorování	14	14
Pears. Korelace	0,2778600753	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	13	
t Stat	-0,7537058044	
P(T<=t) (1)	0,2322294565	
t krit (1)	1,770933396	
P(T<=t) (2)	0,4644589129	
t krit (2)	2,160368656	

U výzkumného souboru žen (n=36) se rovnala absolutní odchylka rovnice Harrise-Benedicta 581 kJ, při měření NK byla absolutní odchylka 975 kJ. Relativní odchylka se rovnala u rovnice HB 8 % a u NK 12 %. Absolutní odchylka mezi metodami HB a NK je 1 084 kJ a relativní odchylka 14 % (Tabulka 23). Rozptyl odchylek se mezi jednotlivými hodnotami metod HB a NK pohyboval v intervalu od 77,58 kJ do 885,18 kJ, relativní odchylka se pohybovala v rozmezí 1-37 % (Tabulka 24).

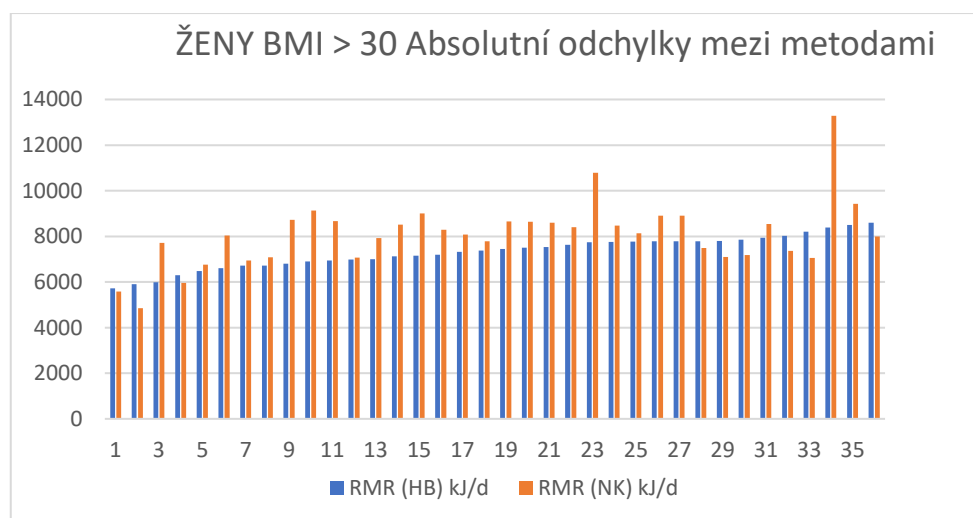
U výzkumného souboru mužů (n=14) se rovnala absolutní odchylka rovnice Harrise-Benedicta 997 kJ, při měření nepřímou kalorimetrií byla absolutní odchylka 1 418 kJ. Relativní odchylka se rovnala u rovnice HB 10 % a u NK 14 %. Absolutní odchylka mezi metodami HB a NK se rovná 1 006 kJ a relativní odchylka 10 % (Tabulka 25). Rozptyl odchylek se mezi jednotlivými hodnotami metod HB a NK pohyboval v intervalu od 215 kJ do 4 091 kJ, relativní odchylka se pohybovala v rozmezí 2-56 % (Tabulka 26).

Výzkumný soubor-ženy

Tabulka 23 Shrnutí statistických údajů u výzkumného souboru obézních žen (n=36)

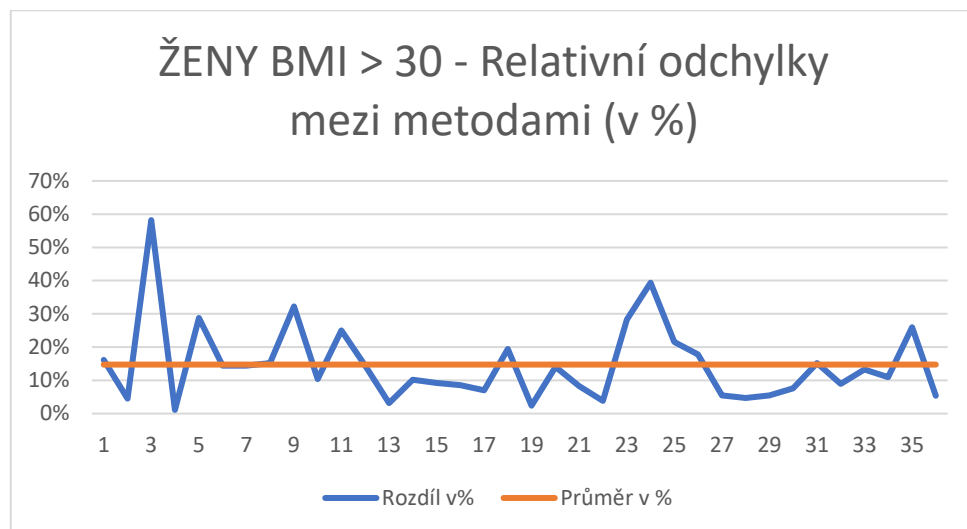
	RMR (HB) kJ/d	RMR (NK) kJ/d	NK/HB
Aritmetický průměr	7 312	8084	7608
Směrodatná odchylka	705	1414	-
Absolutní odchylka	581	975	1084
Relativní odchylka	8 %	12 %	14 %

Graf 3 Absolutní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií- výzkumný soubor obézních žen (n = 36)



Absolutní odchylka mezi metodami HB a NK je u výzkumného souboru žen 1 084 kJ. Absolutní odchylka mezi hodnotami vypočítanými pomocí rovnice HB se u jednotlivých žen liší v průměru o 581 kJ. Absolutní odchylka mezi výsledky měření NK se u jednotlivých žen liší průměrně o 975 kJ. Vyšší rozdíly u hodnot RMR naměřených nepřímou kalorimetrií mohou být zapříčiněny například tělesným složením, které rovnice HB nebere v potaz. Dále může být měření ovlivněno podmínkami měření, psychickým a fyzickým stavem měřeného jedince.

Graf 4 Relativní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií- výzkumný soubor obézních žen (n = 36)

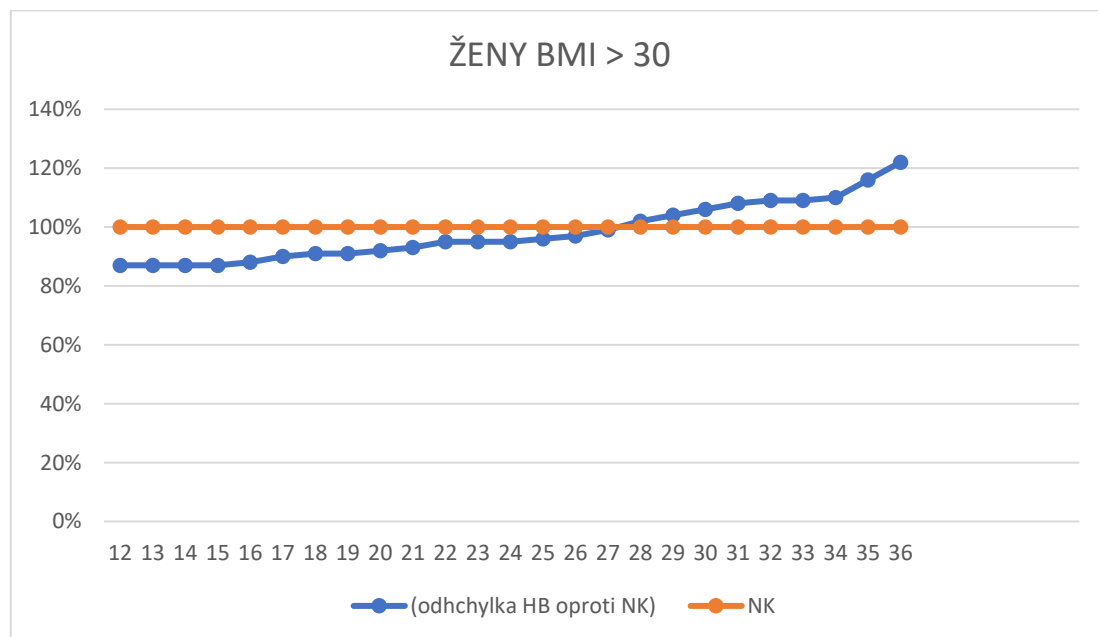


Absolutní a relativní odchylka byla zjištěna na základě jednotlivých hodnot absolutních a relativních odchylek, kterých dosahovaly vypočítané hodnoty RMR v porovnání s hodnotami změřenými nepřímou kalorimetrií (Tabulka 24). Grafické znázornění absolutních (AO) a relativních (RO) znázorňuje graf 5.

Tabulka 24 Relativní (RO) a absolutní (AO) odchylky hodnot RMR dle rovnice HB v porovnání s hodnotami dle NK u výzkumného souboru žen (n=36)

RO (podhodnocení 1-37 %)			RO (podhodnocení 1-37 %)			RO (nadhodnocení 2-22 %)		
1.	63 %	-4 885	15.	87 %	-1 078	28.	102 %	135
2.	72 %	-3 047	16.	88 %	-929	29.	104 %	295
3.	76 %	-2 222	17.	90 %	-931	30.	106 %	337
4.	78 %	-1 725	18.	91 %	-761	31.	108 %	600
5.	78 %	-1 925	19.	91 %	-776	32.	109 %	662
6.	79 %	-1 857	20.	92 %	-712	33.	109 %	668
7.	80 %	-1 738	21.	93 %	-605	34.	110 %	696
8.	82 %	-1 425	22.	95 %	-407	35.	116 %	1 154
9.	84 %	-1 385	23.	95 %	-365	36.	122 %	1 054
10.	86 %	-1 204	24.	95 %	-367			
11.	87 %	-1 093	25.	96 %	-291			
12.	87 %	-1 138	26.	97 %	-215			
13.	87 %	-1 125	27.	99 %	-78			
14.	87 %	-1 121						

Graf 5 Relativní odchylky hodnot RMR dle rovnice HB v porovnání s výsledky NK u výzkumného souboru žen (n=36)

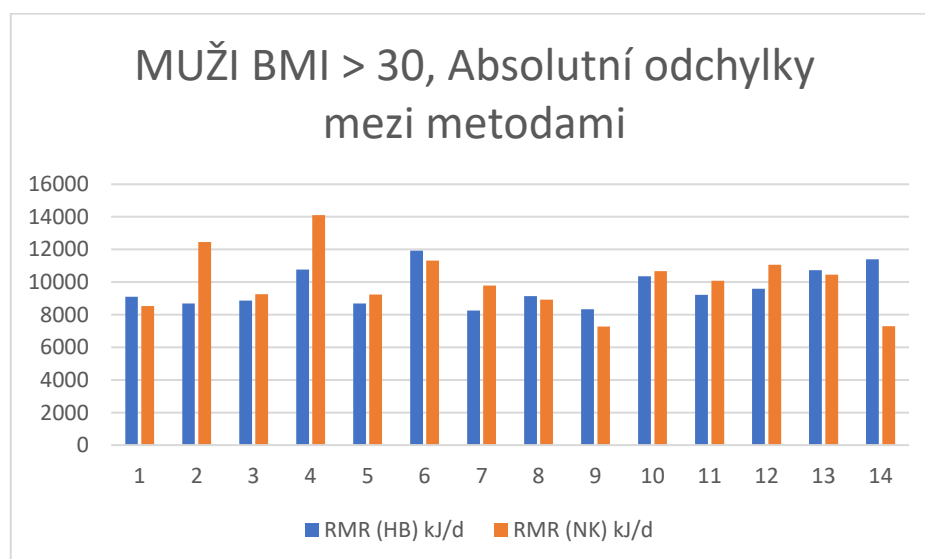


Výzkumný soubor-muži

Tabulka 25 Shrnutí statistických údajů u výzkumného souboru mužů (n=14)

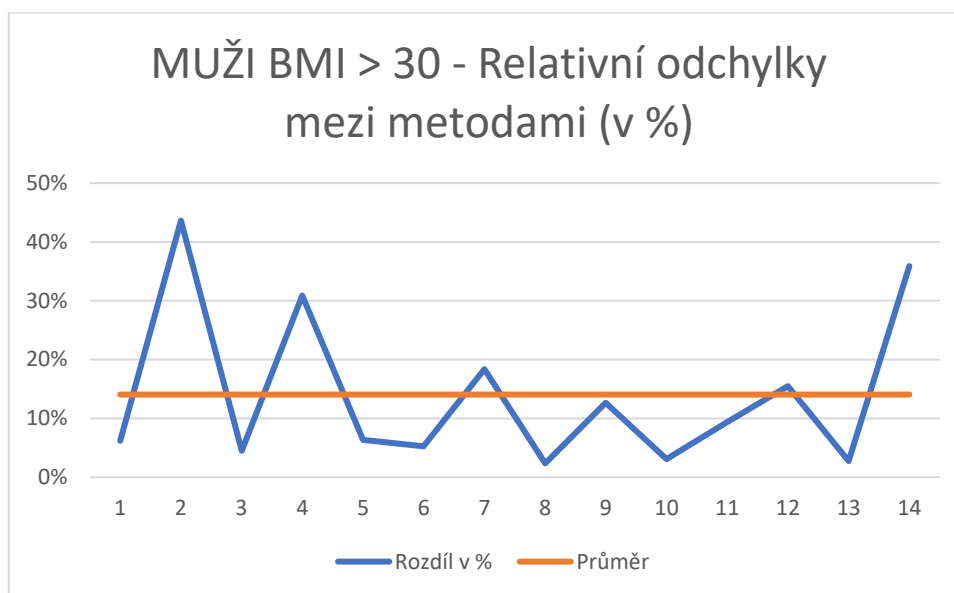
	RMR (HB) kJ/d	RMR (NK) kJ/d	NK/HB
Aritmetický průměr	9 646	10 032	9 839
Směrodatná odchylka	1 134	1 805	-
Absolutní odchylka	997	1 418	1 006
Relativní odchylka	10 %	14 %	10 %

Graf 6 Absolutní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií- výzkumný soubor muži (n=14)



Absolutní odchylka mezi metodami HB a NK je u výzkumného souboru mužů 1 006 kJ. Absolutní odchylka mezi hodnotami vypočítanými pomocí rovnice HB se u jednotlivých mužů liší v průměru o 997 kJ. Absolutní odchylka mezi výsledky měření NK se u jednotlivých mužů liší průměrně o 1 418 kJ.

Graf 7 Relativní odchylky mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií-výzkumný soubor muži (n=14)

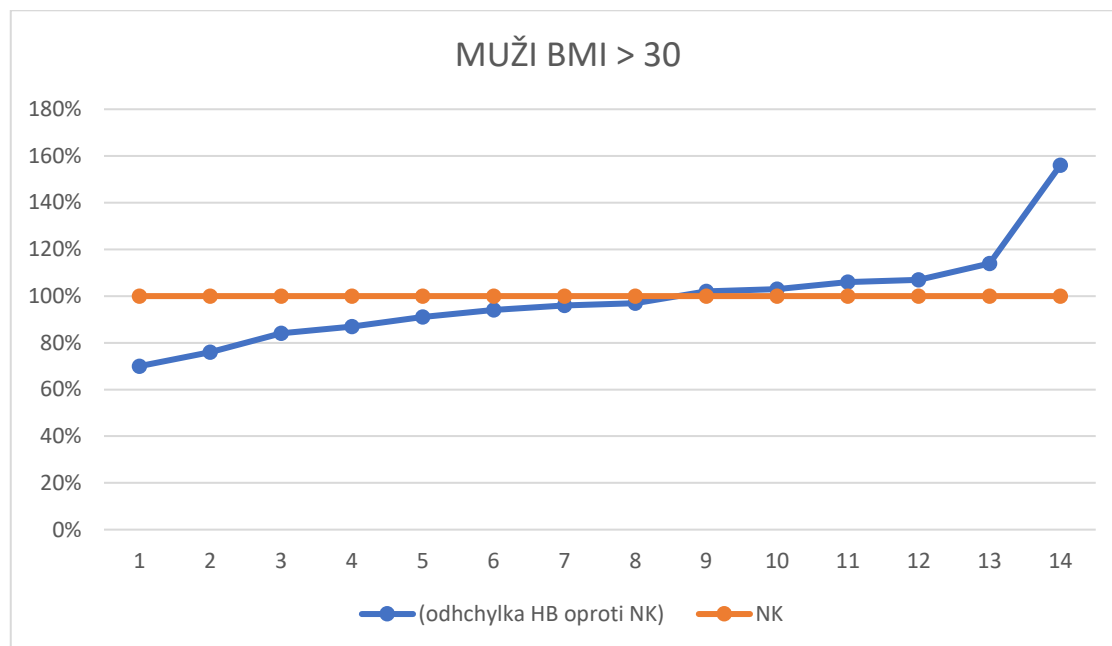


Absolutní a relativní odchylka byla zjištěna na základě jednotlivých hodnot absolutních a relativních odchylek, kterých dosahovaly vypočítané hodnoty RMR v porovnání s hodnotami změřenými nepřímou kalorimetrií (Tabulka 26). Grafické znázornění absolutních (AO) a relativních (RO) znázorňuje graf 8.

Tabulka 26 Relativní (RO) a absolutní (AO) odchylky hodnot RMR dle rovnice HB v porovnání s hodnotami dle NK u výzkumného souboru mužů (n=14)

RO (podhodnocení 3-30 %)		AO (kJ)	RO (podhodnocení 2-56 %)		AO (kJ)
1.	70 %	-3 786	9.	102 %	215
2.	76 %	-3 328	10.	103 %	294
3.	84 %	-1 519	11.	106 %	625
4.	87 %	-1 484	12.	107 %	564
5.	91 %	-863	13.	114 %	1 052
6.	94 %	-551	14.	156 %	4 091
7.	96 %	-397	15.		
8.	97 %	-321	16.		

Graf 8 Relativní odchylky hodnot RMR dle rovnice HB v porovnání s výsledky NK u výzkumného souboru mužů (n=14)

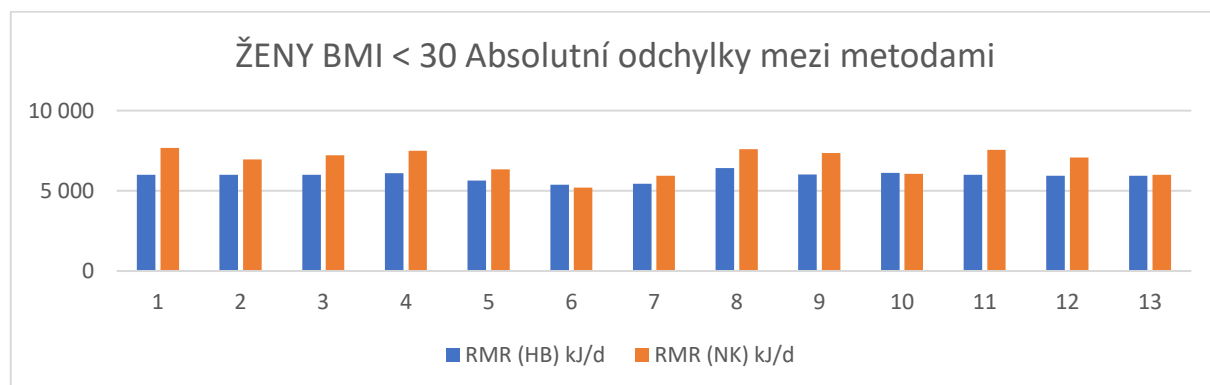


Kontrolní soubor-ženy

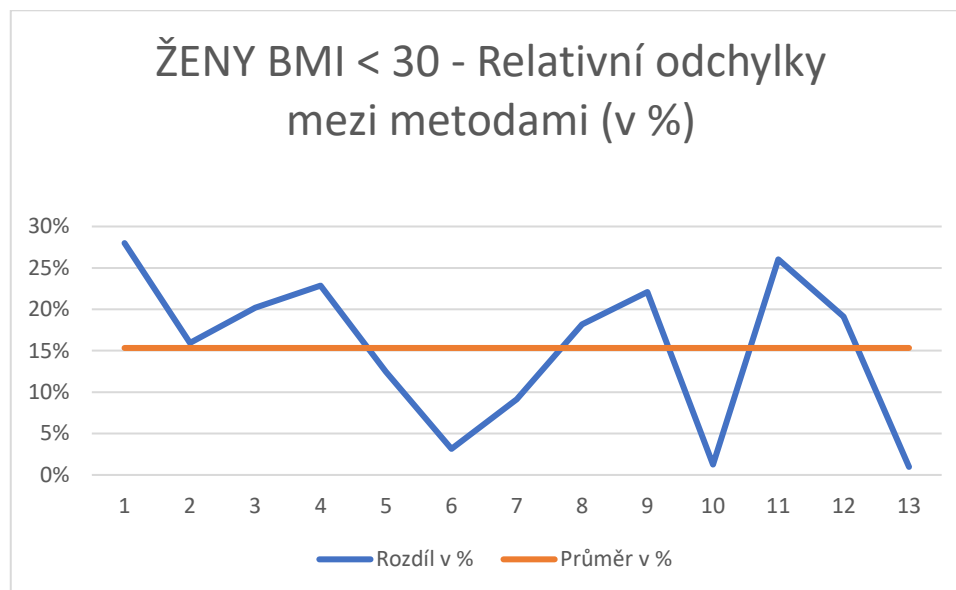
Tabulka 27 Shrnutí statistických údajů u kontrolního souboru žen (n=13)

	RMR (HB) kJ/d	RMR (NK) kJ/d	NK/HB
Aritmetický průměr	5 921	6 802	6 362
Směrodatná odchylka	274	771	-
Absolutní odchylka	203	690	430
Relativní odchylka	3 %	10 %	7 %

Graf 9 Absolutní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií-kontrolní soubor žen (n=13)



Graf 10 Relativní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií- kontrolní soubor žen (n=13)

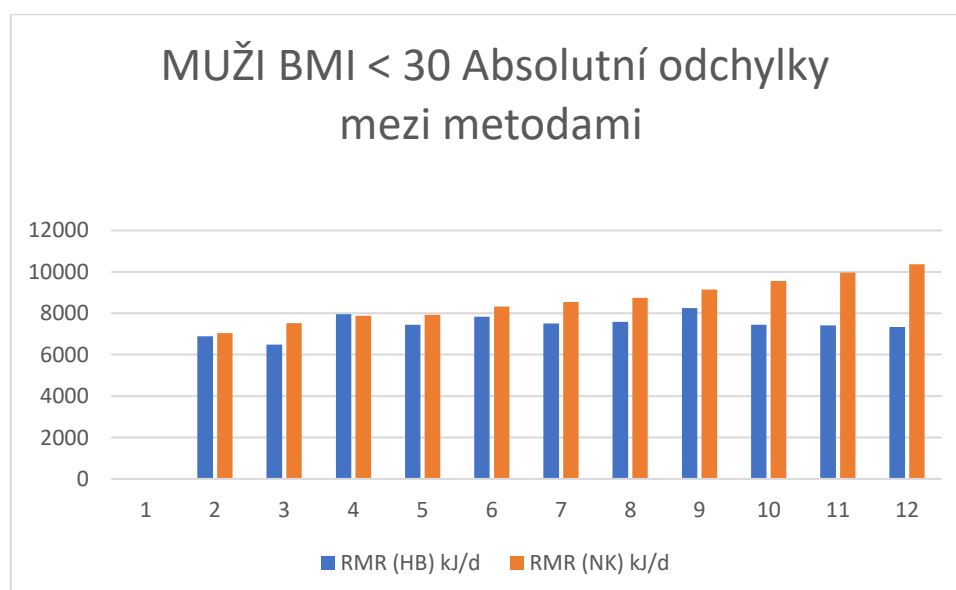


Kontrolní soubor-muži

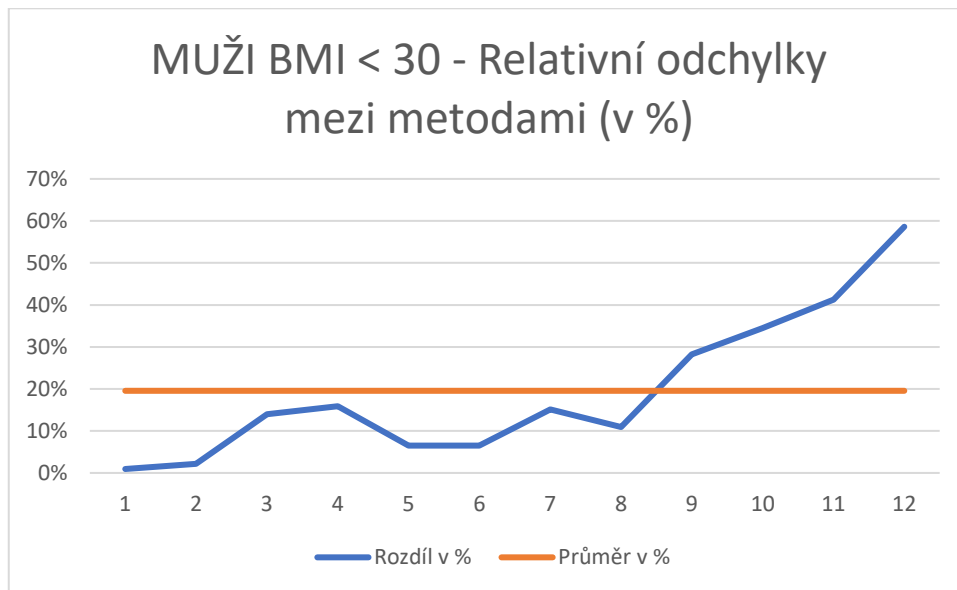
Tabulka 28 Shrnutí statistických údajů u kontrolního souboru mužů (n=12)

	RMR (HB) kJ/d	RMR (NK) kJ/d	NK/HB
Aritmetický průměr	7 411	8 816	8 113
Směrodatná odchylka	475,4	1 120	
Absolutní odchylka	355	956	502
Relativní odchylka	5 %	11 %	6 %

Graf 11 Absolutní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií- kontrolní soubor mužů (n=12)



Graf 12 Relativní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií- kontrolní soubor mužů (n=12)



7.6.3 Splnění dílčího cíle 2

C₂ U všech pacientů z výzkumného souboru propočítat průměrný energetický příjem ze stravy a získané hodnoty porovnat s hodnotami RMR změřenými nepřímou kalorimetrií.

Pro porovnání energetického příjmu (EP) s naměřenými hodnotami klidového energetického (RMR) nepřímou kalorimetrií byla použita jednoduchá rovnice $EP > RMR$. Za běžných podmínek, v případě, že by nedocházelo ze strany osob z výzkumného a kontrolního souboru k podhodnocování EP, by tato rovnice měla vždy platit. A to zejména v případě tohoto výzkumu, do kterého byli zahrnuti noví pacienti, u kterých ještě nedocházelo k poklesu hmotnosti.

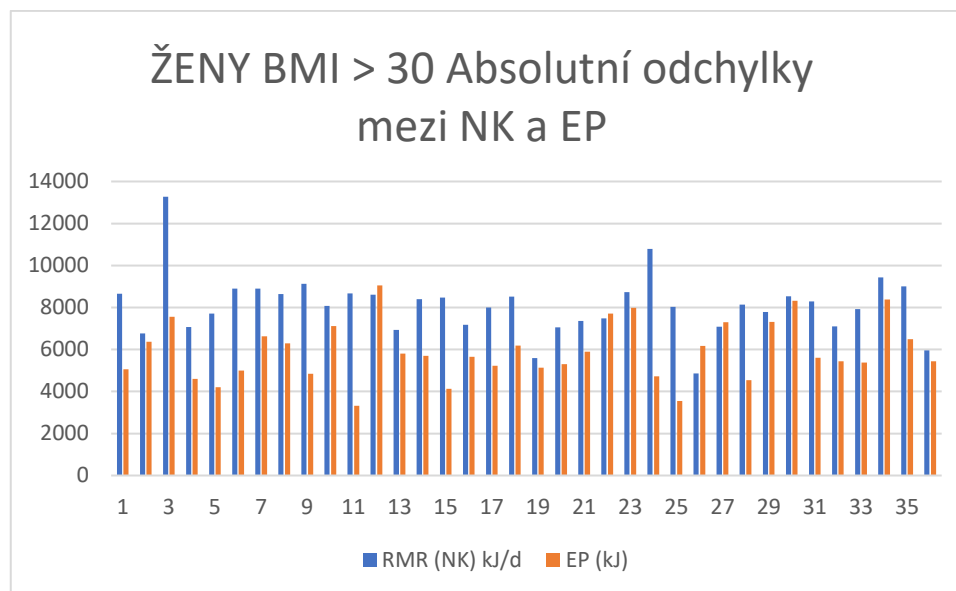
Výzkumný soubor-ženy

Tabulka 29 Porovnání EP a NK-výzkumný soubor ženy (n=36)

EP (kJ)		NK (kJ)	EP-NK (kJ)	EP> RMR	EP (kJ)		NK (kJ)	EP-NK (kJ)	EP> RMR
1.	5 054	8 657	-3 603	neplatí	19.	5 140	5 587	-447	neplatí
2.	6 369	6 764	-395	neplatí	20.	5 300	7 055	-1 755	neplatí
3.	7 553	13 279	-5 726	neplatí	21.	5 889	7 359	-1 470	neplatí
4.	4 595	7 064	-2 469	neplatí	22.	7 704	7 488	216	platí
5.	4 203	7 717	-3 514	neplatí	23.	7 990	8 728	-738	neplatí
6.	4 995	8 902	-3 907	neplatí	24.	4 718	10 787	-6 069	neplatí
7.	6 624	8 902	-2 278	neplatí	25.	3 548	8 033	-4 485	neplatí
8.	6 299	8 640	-2 341	neplatí	26.	6 175	4 855	1 320	platí
9.	4 848	9 127	-4 279	neplatí	27.	7 304	7 089	215	platí
10.	7 123	8 079	-956	neplatí	28.	4 546	8 137	-3 591	neplatí
11.	3 325	8 674	-5 349	neplatí	29.	7 320	7 783	-463	neplatí
12.	9 058	8 603	455	platí	30.	8 327	8 540	-213	neplatí
13.	5 803	6 935	-1 132	neplatí	31.	5 604	8 291	-2 687	neplatí
14.	5 703	8 399	-2 696	neplatí	32.	5 435	7 101	-1 666	neplatí
15.	4 121	8 466	-4 345	neplatí	33.	5 376	7 921	-2 545	neplatí
16.	5 653	7 180	-1 527	neplatí	34.	8 386	9 427	-1 041	neplatí
17.	5 233	7 980	-2 767	neplatí	35.	6 489	9 006	-2 517	neplatí
18.	6 183	8 511	-2 328	neplatí	36.	5 432	5 957	-525	neplatí

Z tabulky 29 vyplývá, že u většiny žen výzkumného souboru je energetický příjem (EP) nižší než hodnota klidového energetického výdeje (RMR), a popírá se tedy rovnice $EP > RMR$. $EP > EK$ byl pouze u 11 % ($n=4$). Rozptyl odchylek se pohyboval v intervalu 213-6 069 kJ.

Graf 13 Absolutní odchylky mezi hodnotami NK a EP u výzkumného souboru žen ($n=36$)



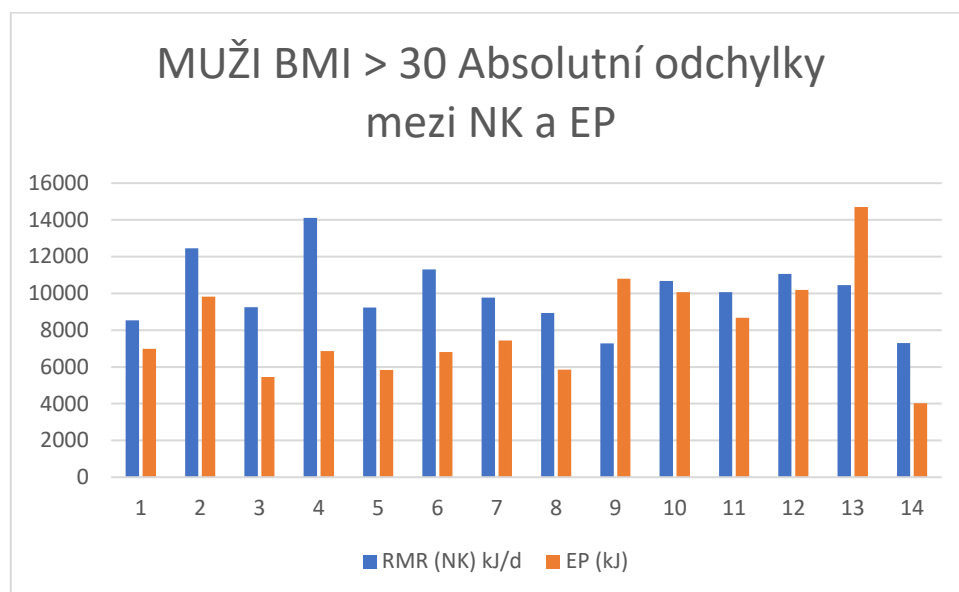
Výzkumný soubor-muži

Tabulka 30 Porovnání EP a NK-výzkumný soubor muži ($n=14$)

EP (kJ)		NK (kJ)	EP-NK (kJ)	EP> RMR	EP (kJ)		NK (kJ)	EP-NK (kJ)	EP> RMR
1.	6 983	8 528	-1 545	neplatí	8.	5 853	8 932	-3 079	neplatí
2.	9 821	12 463	-2 642	neplatí	9.	10 801	7 276	3 525	platí
3.	5 458	9 252	-3 794	neplatí	10.	10 072	10 679	-607	neplatí
4.	6 856	14 107	-7 251	neplatí	11.	8 675	10 076	-1 401	neplatí
5.	5 837	9 231	-3 394	neplatí	12.	10 197	11 066	-869	neplatí
6.	6 813	11 311	-4 498	neplatí	13.	14 702	10 446	4 256	platí
7.	7 442	9 780	-2 338	neplatí	14.	4 019	7 301	-3 282	neplatí

Z tabulky 30 vyplývá, že u i většiny obézních mužů je energetický příjem (EP) nižší než hodnota klidového energetického výdeje (RMR) naměřená nepřímou kalorimetrií (NK). Rovnice $EP > EK$ tedy není platná. $EP > EK$ platí pouze ve 14 % případů ($n=2$). Rozptyl odchylek je v intervalu 607- 7 251 kJ.

Graf 14 Absolutní odchylky mezi hodnotami NK a EP u výzkumného souboru mužů (n=14)

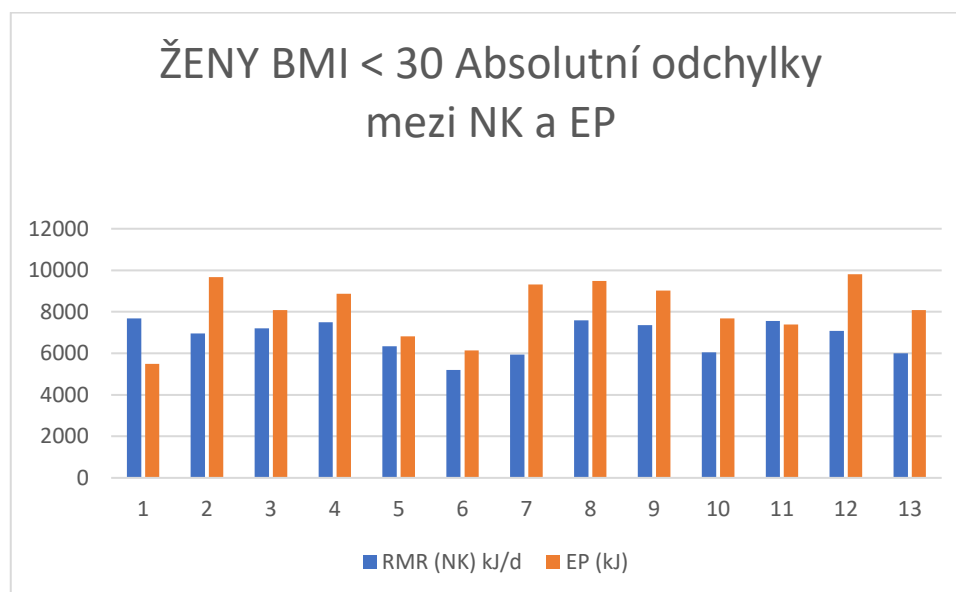


Kontrolní soubory-ženy

Tabulka 31 Porovnání EP a NK-kontrolní soubor ženy (n=13)

EP (kJ)		NK (kJ)	EP-NK (kJ)	EP> RMR	EP (kJ)		NK (kJ)	EP-NK (kJ)	EP> RMR
1.	5 496	7 675	-2 180	neplatí	8.	9 481	7 588	1 893	platí
2.	9 672	6 956	2 716	platí	9.	9 027	7 355	1 672	platí
3.	8 075	7 209	865	platí	10.	7 684	6 049	1 635	platí
4.	8 865	7 492	1 373	platí	11.	7 384	7 559	-176	neplatí
5.	6 814	6 336	478	platí	12.	9 813	7 072	2 741	platí
6.	6 136	5 204	932	platí	13.	8 079	5 995	2 084	platí
7.	9 323	5 936	3 386	platí					

Graf 15 Absolutní odchylky mezi hodnotami NK a EP u kontrolního soubor žen (n=13)

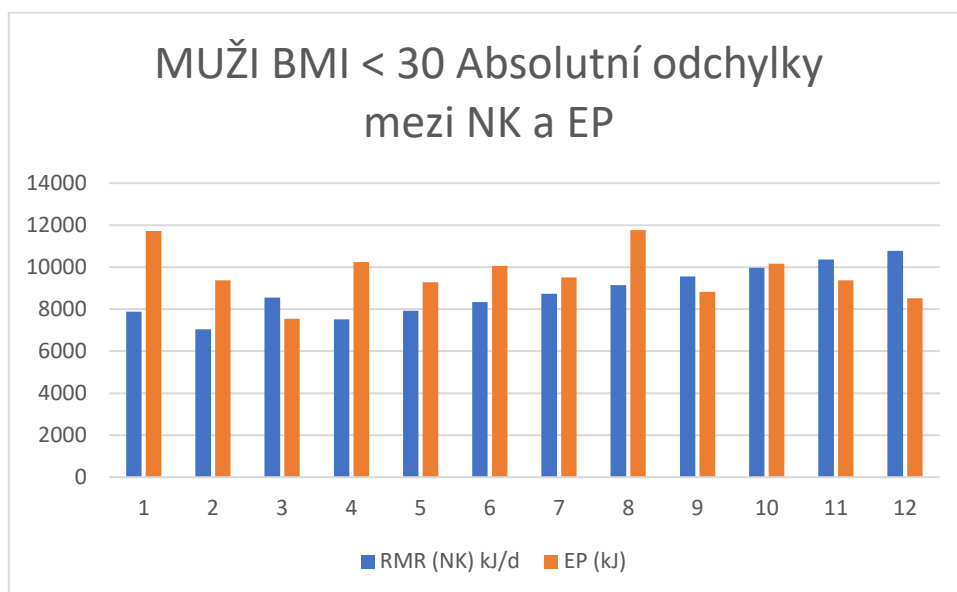


Kontrolní soubor-muži

Tabulka 32 Porovnání EP a NK-kontrolní soubor muži (n=12)

EP (kJ)		NK (kJ)	EP-NK (kJ)	EP>RMR	EP (kJ)		NK (kJ)	EP-NK (kJ)	EP>RMR
1.	11 727	7 875	3 852	platí	7.	9 506	8 740	765	platí
2.	9 368	7 043	2 325	platí	8.	11 773	9 148	2 625	platí
3.	7 542	8 549	-1 007	neplatí	9.	8 819	9 556	-736	neplatí
4.	10 238	7 517	2 721	platí	10.	10 171	9 963	208	platí
5.	9 285	7 925	1 360	platí	11.	9 373	10 371	-998	neplatí
6.	10 067	8 332	1 735	platí	12.	8 528	10 779	-2 251	platí

Graf 16 Absolutní odchylky mezi hodnotami NK a EP u kontrolního souboru mužů (n=12)



7.6.4 Hodnocení množství svalové tkáně

Svalová tkáň je z hlediska metabolismu nejaktivnější tkání, co se týče produkce tepla (Rokyta et al., 2015). Spolu s dalšími faktory, jako je působení hormonů, činnost nervové soustavy, významně ovlivňuje RMR. Čím větší podíl svalové tkáně, tím vyšší produkce tepla. Totéž vyplývá z níže uvedených porovnání, kde se u všech souborů potvrdilo, že čím vyšší množství svalové tkáně, tím vyšší klidový energetický výdej. Z tohoto hlediska není vhodné používat prediktivní rovnici Harrise-Benedicta pro určení energetické potřeby u osob s abnormálním tělesným složením, zejména u obézních osob. Při obezitě je změněn fyziologický poměr tkání ve prospěch tukové tkáně, která je zmnožená. Zároveň se ukazuje, že mají obézní v absolutních číslech vyšší množství svalové tkáně, než je tomu u štíhlých osob.

Výzkumný soubor-ženy

Průměrné množství svalové tkáně je u výzkumného souboru žen (n=36) 30,9 kg. Nejnižší hodnota dosahovala 23,9 kg, u téže pacientky byl naměřen klidový energetický výdej (RMR) nepřímou kalorimetrií (NK) 5 587 kJ. Nejvyšší hodnota svalové tkáně byla 40,6 kg, kdy se současně RMR naměřené NK rovnalo 13 278 kJ.

Výzkumný soubor-muži

Průměrné množství svalové tkáně je u výzkumného souboru mužů (n=14) 45 kg. Nejnižší hodnota množství svaloviny dosahovala 35,1 kg, u téhož pacienta byl naměřen klidový energetický výdej (RMR) nepřímou kalorimetrií (NK) 9 780 kJ. Nejvyšší hodnota svalové tkáně byla 52,4 kg, kdy se současně RMR naměřené NK rovnalo 11 311 kJ.

Kontrolní soubor-ženy

Kontrolní soubor žen (n=13) dosahoval průměrným množstvím svalové tkáně hodnot 26,2 kg. Nejnižší hodnota dosahovala 19,8 kg, u téže pacientky byl naměřen klidový energetický výdej (RMR) nepřímou kalorimetrií (NK) 5 936 kJ. Nejvyšší hodnota svalové tkáně byla 31,9 kg, kdy se současně RMR naměřené NK rovnalo 7 675 kJ.

Kontrolní soubor-muži

Kontrolní soubor mužů (n=12) dosahoval průměrným množstvím svalové tkáně hodnot 35,4 kg. Nejnižší hodnota dosahovala 30,9 kg, u téhož pacienta byl naměřen klidový energetický výdej (RMR) nepřímou kalorimetrií (NK) 7 517 kJ. Nejvyšší hodnota svalové tkáně byla 40,7 kg, kdy se současně RMR naměřené NK rovnalo 9 148 kJ.

7.6.5 Vyhodnocení hypotéz

Hypotéza 1:

H₁ Mezi výsledky metody nepřímé kalorimetrie a prediktivní rovnice Harris-Benedicta je statisticky významný rozdíl.

Přestože je mezi výsledky RMR nepřímé kalorimetrie a prediktivní rovnice HB významná absolutní a relativní odchylka, z hlediska parametrického párového t-testu nevychází jako statisticky významný rozdíl a H₁ se nepotvrdila.

U výzkumného souboru žen (n=36) se rovnala absolutní odchylka rovnice Harrise-Benedicta 581 kJ, při měření NK byla absolutní odchylka 975 kJ. Relativní odchylka se rovnala u rovnice HB 8 % a u NK 12 %. Absolutní odchylka mezi metodami HB a NK se rovná 1 084 kJ a relativní odchylka 14 % (Tabulka 19). Absolutní odchylka se mezi jednotlivými hodnotami metod HB a NK pohybovala v intervalu 78-4 885 kJ, relativní odchylka v intervalu 1-37 % (Tabulka 20).

U výzkumného souboru mužů (n=14) se rovnala absolutní odchylka rovnice Harrise-Benedicta 997 kJ, při měření nepřímou kalorimetrií byla absolutní odchylka 1 418 kJ. Relativní odchylka se rovnala u rovnice HB 10 % a u NK 14 %. Absolutní odchylka mezi metodami HB a NK se rovná 1 006 kJ a relativní odchylka 10 % (Tabulka 21). Absolutní odchylka se mezi jednotlivými hodnotami metod HB a NK pohybovala v intervalu 215-4091 kJ, relativní odchylka se pohybovala v intervalu 2-56 % (Tabulka 22).

Hypotéza 2:

H₂ U všech respondentů z výzkumného souboru bude propočtený energetický příjem vyšší než hodnota RMR změřená nepřímou kalorimetrií.

Pro porovnání energetického příjmu (EP) s naměřenými hodnotami klidového energetického (RMR) nepřímou kalorimetrií byla použita jednoduchá rovnice $EP > RMR$. Za běžných podmínek, v případě, že by nedocházelo ze strany osob z výzkumného a kontrolního souboru k podhodnocování EP, by tato rovnice měla vždy platit. A to zejména v případě tohoto výzkumu, do kterého byli zahrnuti noví pacienti, u kterých ještě nedocházelo k poklesu hmotnosti.

U výzkumného souboru žen (n=36) je energetický příjem v průměru o 2 156 kJ nižší než klidový energetický výdej naměřený nepřímou kalorimetrií. Vyšší energetický příjem, než je klidový energetický výdej ($EP > EK$) byl pouze v 11 % případech (n=4). Rozptyl odchylek se mezi EP a RMR pohybuje v intervalu 213-6 069 kJ.

U výzkumného souboru mužů (n=14) je stejně tak energetický příjem nižší než klidový energetický výdej naměřený nepřímou kalorimetrií, a to průměrně o 1 923 kJ. Rovnice $EP > EK$ tedy není platná. $EP > EK$ platí pouze ve 14 % případů (n=2). Rozptyl odchylek se mezi EP a RMR pohybuje v intervalu 607-7 251 kJ.

U většiny případů výzkumného souboru žen a mužů rovnice $EP > EK$ neplatí a H₂ se nepotvrdila.

8. Diskuze

Nepřímá kalorimetrie je jedna z nepřesnějších metod sloužících ke stanovení klidového energetického výdeje (RMR). Kromě zjištění RMR je schopna určit využití jednotlivých živin (tuků a cukrů) v klidovém režimu. Principem metody NK je měření spotřebovaného kyslíku (O_2) a vydechovaného oxidu uhličitého (CO_2). Nevýhodou NK je však její časová a finanční náročnost, která neumožňuje běžné využití v klinické praxi, především v léčbě obezity. Jako mnohem jednodušší a používanější způsob zjištění RMR se jeví prediktivní rovnice Harrise-Benedicta (HB), která je na rozdíl od NK finančně a časově nenáročná a její výsledek jsme schopni zjistit i v běžných podmínkách klinické praxe. Pro výpočet RMR prediktivní rovnicí HB potřebujeme pouze údaje o tělesné hmotnosti, výšce a pohlaví měřeného jedince.

Všechny rovnice, včetně Harrise-Benedicta (HB), určené pro výpočet energetického výdeje prošly během svého vývoje rozsáhlou validací. Většina rovnic, kromě rovnice studie Mifflin St Jeor, měly sklon přeceňovat výsledky klidového energetického výdeje. Podle systematického přehledu (Frankenenfield et al., 2005) i u rovnice HB dochází ve většině případech k nadhodnocování reálných hodnot o 10 % naměřené hodnoty. Stejná práce poukazuje na podstatně vyšší chybovost v případě použití HB rovnice u osob s obezitou, kdy je výsledná hodnota RMR přesná pouze v 38-65 % případů a je výrazně nižší než u neobézních osob (Frankenenfield et al., 2005). Podobné výsledky dokazují i další klinické studie. V klinické studii, která zkoumala 38 obézních osob, dosahovala hodnota RMR vypočítaná rovnicí Harrise-Benedicta odchylky ± 10 % v porovnání s hodnotou naměřenou nepřímou kalorimetrií pouze u 18 obézních osob, tedy v 48 % případů (Sadílková, 2017). Podobného výsledku bylo docíleno i v rámci výzkumu pro účely v této diplomové práci, kde z celkového počtu 50 obézních osob dosahovala hodnota RMR vypočítaná rovnicí Harrise-Benedicta odchylky ± 10 % v porovnání s hodnotou naměřenou nepřímou kalorimetrií pouze u 26 z nich, což je 52 % případů.

V rámci statistiky jsou prediktivní rovnice dobře použitelné v souboru osob, v případě využití u konkrétního jedince však hrozí vysoká míra chybovosti. Podle výsledků praktické části této diplomové práce je viditelná shoda mezi průměrnými hodnotami vypočítanými dle Harrise-Benedicta a průměrnými naměřenými hodnotami nepřímou kalorimetrií. Ve výzkumném souboru žen se absolutní odchylka mezi metodami HB a NK rovná 1 084 kJ a relativní odchylka 14 %. Ve výzkumném souboru mužů se absolutní odchylka mezi metodami HB a NK rovná 1 006 kJ a relativní odchylka 10 %. Z hlediska parametrického párového t-testu nevychází rozdíl mezi výsledky RMR nepřímé kalorimetrie a prediktivní rovnice HB jako statisticky významný. Důvodem může být nižší BMI výzkumného souboru, než je v ostatních výzkumech. Chyba výpočtu totiž roste s rostoucím BMI a tím pádem nepoměrem mezi svalovou a tukovou tkání. Při hodnocení jednotlivých případů je však významná absolutní a relativní odchylka mezi vypočítanou a naměřenou hodnotou. U výzkumného souboru žen se absolutní odchylka mezi jednotlivými hodnotami metod HB a NK pohybovala v intervalu 78-4 885 kJ, relativní odchylka se lišila v rozmezí 1-37 %. U výzkumného souboru mužů se absolutní odchylka mezi jednotlivými hodnotami metod HB a NK pohybovala v intervalu 215-4 091 kJ, relativní odchylka se lišila v rozmezí 2-56 %.

Stanovení klidového energetického výdeje je často obtížné, neboť je pouze jednou z komponent celkového energetického výdeje. Hodnota RMR tvoří přibližně 60-70 % celkového energetického výdeje, což je hranice, pod kterou by za žádných podmínek neměl energetický příjem dlouhodobě klesnout. Nejpresnější metodou sloužící ke stanovení RMR je nepřímá kalorimetrie. V klinické praxi je však pro svou jednoduchost energetická potřeba nejčastěji stanovena na základě výpočtu RMR rovnicí Harrise-Benedicta s následným dopočtením předpokládaného výdeje energie fyzickou činností. V mnoha případech není energetická potřeba ani zhodnocena a pacientům se předává rámcový jídelníček o velmi nízkém energetickém příjmu 5000-5500 kJ (pro ženy) a 5500-7500 kJ (pro muže). Takový energetický příjem je téměř vždy pod hranicí klidového energetického výdeje pacienta, což dokazuje i průměrné RMR naměřené metodou nepřímé kalorimetrie v rámci tohoto výzkumu, které bylo u obézních žen 8 085 kJ a u obézních mužů 10 032 kJ.

Jedním z důvodů míry chybovosti prediktivní rovnice Harrise-Benedicta je nezohlednění tělesného složení měřeného jedince. V rámci praktické části této diplomové práce bylo hodnoceno množství svalové tkáně, které prokázalo velký vliv na klidový energetický výdej. S vyšším podílem množství svalové tkáně, jakožto aktivní tělesné hmoty, roste i klidový energetický výdej, tedy energetická potřeba pacienta. Nižší energetický příjem, než je RMR daného jedince způsobuje ztrátu aktivní tělesné hmoty a pokles klidového basálního, resp. energetického výdeje. Mnohem důležitější je však to, že pacient není schopen jídelníček o energetickém příjmu nižším, než je jeho klidový energetický výdej dlouhodobě dodržovat. Po určité době svůj příjem energie postupně, nebo ještě hůře radikálně navýší a tělesná hmotnost začne opět narůstat. Pacient se pak dostává do začarovaného kruhu, kdy se střídá období dodržování jídelníčku s přejídáním. V tomto případě je velmi důležitý vztah pacienta a lékaře či jiného zdravotníka. Ten by měl být založen na důvěře a empatii, pacient by se neměl bát svěřit lékaři či zdravotníkovi své chyby v dodržování jídelníčku.

V rámci praktické části diplomové práce byl na základě 3denních jídelních záznamů zapsaných samotnými pacienty propočítán jejich průměrný energetický příjem. U výzkumného souboru žen (n=36) je energetický příjem v průměru o 2 156 kJ nižší než klidový energetický výdej naměřený nepřímou kalorimetrií. Rozptyl odchylek se mezi EP a RMR pohybuje v intervalu 213-6 069 kJ. U výzkumného souboru mužů (n=14) je stejně tak energetický příjem nižší než klidový energetický výdej naměřený nepřímou kalorimetrií, a to průměrně o 1 923 kJ. Rozptyl odchylek se mezi EP a RMR pohybuje v intervalu 607-7 251 kJ.

Abychom zabránili nízkému energetickému příjmu je důležité nejen nastavit optimální redukční jídelníček, ale také udržovat s pacientem terapeutický vztah založený na důvěře a empatii. Řada pacientů má negativní zkušenosti s předepsanými redukčními dietami, které byly příliš striktní a nerespektovaly energetickou potřebu pacienta. Pacient měl při nich časté pocity hladu a neměl dostatek energie pro své běžné každodenní činnosti. Ve zdrojích odborné literatury i v doporučeních odborných společností se stále setkáváme s doporučením nastavit obéznímu pacientovi dietu o EP 5000-5500 kJ (pro ženy) a 5500-7500 kJ (pro muže). S podobnými informacemi se setkávají pacienti i v časopisech a na internetu. V závislosti na tom pak své jídelní záznamy instinktivně vytváří na tyto energetické hodnoty, aby zdravotníka nezklamali nebo aby nebyli pranýřováni.

Základem pro úspěšnou redukci by měla být individuální spolupráce pacienta a lékaře či jiného zdravotníka a konkrétně nastavená redukční dieta. Tento způsob by mohl vést k dlouhodobému dodržování diety, minimalizaci selhání redukční diety a postupným hmotnostním úbytkům. Pacientovi by měl být osobně vysvětlen princip redukční diety, která bude začínat na menších a konkrétních úpravách jídelníčku. Změna jídelníčku by neměla být radikální a měla by být založena na kompromisech. Úplnou restrikcí oblíbených potravin bychom mohli pacienta demotivovat a mohlo by to způsobit selhání redukční diety.

Jednou z nejjednodušších dostupných metod, která nám poskytuje informace o aktuální energetickém příjmu a stravovacích návycích pacienta je zápis jídelníčku. Tato metoda je výchozím bodem pro nastavení optimálního energetického příjmu pro redukci tělesné hmotnosti. Většina pacientů vnímá dietu negativně, jako nepříjemné a dočasné řešení zdravotních komplikací. Součástí edukace pacienta by však mělo být vysvětlení tohoto pojmu. Jedná se o způsob stravování, který nutně neznamená striktní restrikci potravin, ale přesto vede úspěšně k redukci hmotnosti a jejímu dlouhodobému udržení.

Skvělou možností, jak si ověřit pravdivost záznamu stravy získaného od pacienta je nepřímá kalorimetrie. Cílem je, aby pacienti zapsali do svých jídelních záznamů opravdu vše včetně „méně vhodných“ potravin. I proto je velmi důležitý terapeutický vztah založený na důvěře. Pomocí nepřímé kalorimetrie jsme také schopni získat určitou představu o tom, kolem jakých hodnot se klidový výdej energie obézních pacientů pohybuje. Na základě výsledků NK je nutné přestat dávat dietní doporučení a předepisovat striktní diety jdoucí pod RMR, neboť nejsou dlouhodobě udržitelné. Nutriční terapeut je schopen stanovit redukční jídelníček přímo na míru a vysvětlit pacientovi principy redukčního programu. Individuální nutriční konzultace s pacientem jsou základem pro trvalé změny stravovacích návyků vedoucích k dlouhodobým žádoucím výsledkům.

9. Závěr

V praktické části této diplomové práce byly porovnány dvě metody pro stanovení klidového energetického výdeje (RMR) u souboru obézních jedinců, a to nepřímá kalorimetrie (NK) a prediktivní rovnice Harrise-Benedicta (HB). Přestože mezi daty získanými výpočtem dle rovnice Harrise-Benedicta a daty získanými metodou nepřímé kalorimetrie nevyšel statisticky významný rozdíl, při hodnocení jednotlivých případů se vyskytují významné absolutní a relativní odchylky. Ve výzkumném souboru žen se absolutní odchylka mezi metodami HB a NK rovná 1 084 kJ a relativní odchylka 14 %. Absolutní odchylka mezi jednotlivými hodnotami metod HB a NK se pohybovala v rozmezí 78-4 885 kJ, relativní odchylka v intervalu 1-37 %. Ve výzkumném souboru mužů se absolutní odchylka mezi metodami HB a NK rovná 1 006 kJ a relativní odchylka 10 %. U výzkumného souboru mužů se absolutní odchylka mezi jednotlivými hodnotami metod HB a NK lišila v rozmezí 215-4 091 kJ, relativní odchylka v intervalu 2-56 %. Z celkového počtu 50 % obézních osob dosahovala hodnota RMR vypočítaná rovnicí Harrise-Benedicta odchylky $\pm 10\%$ v porovnání s hodnotou naměřenou nepřímou kalorimetrií pouze u 26 z nich, což je 52 % případů. Nepřesnost prediktivních rovnic u obézních je dána mimo jiné nefyziologickým poměrem tukové a svalové tkáně, kdy je do prediktivní rovnice dosazován údaj o hmotnosti bez zohlednění toho, jaké tkáně tuto hmotnost tvoří. Významným faktorem určujícím velikost klidového výdeje energie je množství svalové tkáně, která je metabolicky aktivní. V rámci praktické části diplomové práce jsme si přesvědčili o přímé úměře mezi množstvím svalové tkáně a energetické potřebě pacienta. Tedy čím vyšší je podíl svalové tkáně, tím větší je klidový energetický výdej, a tedy i energetická potřeba. Za nej přesnější metodu stanovení klidového energetického výdeje je považována metoda nepřímé kalorimetrie. Na jejím základě jsme schopni určit hodnotu minimální energetické potřeby tak, aby nedocházelo k poklesu pod hranici klidového energetického výdeje. Ve výzkumném souboru byl u obézních žen průměrný klidový energetický výdej 8 084 kJ, u obézních mužů 10 032 kJ. Při určování energetické potřeby by rovněž měl být zohledněn výdej energie fyzickou aktivitou, který je u obézních zvýšen úměrně jejich zvýšené tělesné hmotnosti. Součástí diplomové práce bylo vyhodnotit energetický příjem, přičemž bylo zjištěno, že v 88 % případech (44 výzkumných souborech) vyšel propočtený energetický příjem nižší než klidový energetický výdej. Tyto výsledky jsou způsobeny podhodnocováním reálného příjmu energie ze stravy, což je u obézních osob v klinické praxi velmi časté a tvoří to značnou překážku v úspěšné spolupráci zdravotníka a pacienta. Pro úspěšnou redukci tělesné hmotnosti a její následné dlouhodobé udržení je důležité stanovit individuální redukční jídelníček, který vychází z energetické potřeby jedince. Nedílnou součástí jsou také individuální nutriční konzultace s pacientem založené na důvěře, díky kterým jsme schopni dosáhnout dlouhodobých uspokojivých výsledků.

Seznam zkratek

AEE – energetický výdej pohybovou aktivitou (z anglické activity energy expenditure)

BMI – index tělesné hmotnosti (z anglického body mass index)

BMR – bazální metabolický výdej (z anglického basal metabolic rate)

DIT – postprandiální termogeneze (z anglického diet-induced thermogenesis)

DLW – dvojitě značená voda (z anglického double labeled water)

EP – energetický příjem

FFQ – frekvenční jídelní dotazník (z anglického food frequency questionnaire)

HB – Harris-Benedict

Kcal – kilokalorie

kJ – kilojoule

NK – nepřímá kalorimetrie

PAL – úroveň fyzické aktivity (z anglického physical activity level)

PAR – poměr fyzické aktivity (z anglického physical activity ratio)

RMR – klidový energetický výdej (z anglické resting metabolic rate)

RQ – respirační kvocient (respiratory quotient)

TEE – celkový energetický výdej (z anglického total energy expenditure)

WHR – poměr obvodu pasu a obvodu boků (z anglického waist-hip ratio)

Seznam použité literatury

1. 12 Doubly Labeled Water for Energy Expenditure.“Institute of Medicine. 1997. Emerging Technologies for Nutrition Research: Potential for Assessing Military Performance Capability. Washington, DC: The National Academies Press. Doi 10.17226/5827.
2. ARONNE, Louis J. Classification of obesity and assessment of obesity-related health risks. *Obesity research*, 2002, 10.S12: 105S-115S.
3. BRAUNEROVÁ, MUDr Radka, et al. Obezita-diagnostika a léčba v praxi. *Medicína pro praxi*, 2010, 7.1: 19-22.
4. BRAY, George; BOUCHARD, Claude. *Handbook of Obesity-Volume 2: Clinical Applications*. CRC Press, 2014.
5. BRODIE, David; VICKI MOSCRIP MSC, H. D. C. R.; HUTCHEON, Rob. Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, anthropometry, and impedance methods. *Nutrition*, 1998, 14.3: 296-310.
6. COMPHER, Charlene, et al. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*, 2006, 106.6: 881-903.
7. David F. Williamson, Elsie Pamuk, Michael Thun, Dana Flanders, Tim Byers, Clark Heath, Prospective Study of Intentional Weight Loss and Mortality in Never-Smoking Overweight US White Women Aged 40–64 Years, *American Journal of Epidemiology*, Volume 141, Issue 12, 15 June 1995, Pages 1128–1141, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a117386>
8. DELANY, James P. Doubly labeled water for energy expenditure. *Institute of Medicine (US) Committee on Military Nutrition Research, Carlson-Newberry SJCR, editors. Emerging technologies for nutrition research: potential for assessing military performance capability. Washington (DC): National Academies Press (US), 1997.*
9. ELLIS, Kenneth J. Human body composition: in vivo methods. *Physiological reviews*, 2000, 80.2: 649-680.
10. FRANKENFIELD, David C. Bias and accuracy of resting metabolic rate equations in non-obese and obese adults. *Clinical nutrition*, 2013, 32.6: 976-982.
11. FRANKENFIELD, David, et al. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic association*, 2005, 105.5: 775-789.
12. FRIED, Martin. *Moderní chirurgické metody léčby obezity* [online]. Praha: Grada Publishing, 2005 [cit. 2019-10-18].
13. FRIED, Martin; SVAČINA, Štěpán. *Moderní trendy v léčbě obezity a diabetu*. Axonite CZ, 2018.

14. Gary D Foster, Angela P Makris, Brooke A Bailer, Behavioral treatment of obesity, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 82, Issue 1, July 2005, Pages 230S–235S, <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.1.230S>
15. GHOSH, Subrata, et al. Body composition at the bedside. *European journal of gastroenterology & hepatology*, 1997, 9.8: 783-788.
16. GROSSMAN, M. I. Techniques for Measuring Body Composition: Proceedings of a Conference, Quartermaster Research and Engineering Center, Natick, Mass., January 22-23, 1959. *JAMA*, 1962, 181.8: 734-734.
17. HAINER, Vojtěch. *Základy klinické obezitologie*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3252-7.
18. HAINER, Vojtěch. *Základy klinické obezitologie*. Praha: Grada Publishing, 2004.
19. HARRIS, J. Arthur; BENEDICT, Francis G. A biometric study of human basal metabolism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1918, 4.12: 370.
20. HEINRICH, Kasper. *Výživa v medicíně a dietetika: Překlad 11. vydání*. Grada Publishing as, 2015. ISBN 80-247-0233-9.
21. HOLEČEK, Milan. *Regulace metabolismu základních živin u člověka*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-2976-6.
22. JIRÁSKOVÁ, Zdena. *Metody stanovující složení těla používané v klinické praxi*. 2010.
23. KAREL, Lukáš, et al. *Chorobné znaky a příznaky: Diferenciální diagnostika*. Grada Publishing, as, 2015.
24. KASPER, Heinrich; BURGHARDT, Walter. *Výživa v medicíně a dietetika*. 2015.
25. KAST, Bas. *Nutriční kompas: bestsellerový průvodce světem zdravého stravování*. Přeložil Rudolf ŘEŽÁBEK. Praha: XYZ, 2019. ISBN 978-80-7597-496-9.
26. KENNY, Glen P.; NOTLEY, Sean R.; GAGNON, Daniel. Direct calorimetry: a brief historical review of its use in the study of human metabolism and thermoregulation. *European journal of applied physiology*, 2017, 117.9: 1765-1785.
27. KOKAISL, Petr. *Základy antropologie*. NOSTALGIE Praha, 2007.
28. KOLÁČKOVÁ, Martina. *Hodnocení malnutrice metodou bioelektrické impedanční analýzy*. 2012. PhD Thesis. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta.
29. Kunešová, M., Hlubík, P., Hainer, V., Býma, S., Brychta, T., Červený, R., ... & Svačina, Š. (1999). *Obezita*. Všeobecná zdravotní pojišťovna České republiky.
30. KUNEŠOVÁ, Marie, et al. *Obezita, doporučený diagnostický a léčebný postup pro všeobecné praktické lékaře*. Praha: Společnost všeobecného lékařství ČLSJEP, 2005.
31. LAFAY, L., et al. Does energy intake underreporting involve all kinds of food or only specific food items? Results from the Fleurbaix Laventie Ville Sante (FLVS) study. *International journal of obesity*, 2000, 24.11: 1500.

32. LANGMEIER, Miloš. *Základy lékařské fyziologie*. Grada, 2009.
33. LIVINGSTONE, M. Barbara E.; BLACK, Alison E. Markers of the validity of reported energy intake. *The Journal of nutrition*, 2003, 133.3: 895S-920S.
34. M D Mifflin, S T St Jeor, L A Hill, B J Scott, S A Daugherty, Y O Koh, A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 51, Issue 2, February 1990, Pages 241–247, <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.241>
35. MATOULEK, Martin; SVAČINA, Štěpán; LAJKA, J. Výskyt obezity a jejích komplikací v České republice. *Vnitřní lékařství*, 2010, 56.10: 1019-1027.
36. MÜLLEROVÁ, Dana a Anna AUJEZDSKÁ. *Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví*. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2510-2.
37. NDAHIMANA, Didace; KIM, Eun-Kyung. Measurement methods for physical activity and energy expenditure: a review. *Clinical nutrition research*, 2017, 6.2: 68-80.
38. OWEN, Oliver E., et al. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *The American journal of clinical nutrition*, 1986, 44.1: 1-19.
39. OWEN, Oliver E., et al. A reappraisal of the caloric requirements of men. *The American journal of clinical nutrition*, 1987, 46.6: 875-885.
40. PASTUCHA, Dalibor. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. Grada, 2014.
41. PINHEIRO VOLP, A. C., et al. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutricion hospitalaria*, 2011, 26.3.
42. PRENTICE, Andrew M., et al. High levels of energy expenditure in obese women. *Br Med J (Clin Res Ed)*, 1986, 292.6526: 983-987.
43. RIEGEROVÁ, Jarmila; PŘIDALOVÁ, Miroslava; ULBRICHOVÁ, Marie. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie)*. Hanex, 2006.
44. ROKYTA, Richard, et al. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Grada Publishing, 2015.
45. SADÍLKOVÁ, Aneta. Stanovení klidového energetického výdeje u osob s obezitou. 2017.
46. SHARMA, Sangita. *Klinická výživa a dietologie: v kostce*. Přeložil Hana POSPÍŠILOVÁ. Praha: Grada Publishing, 2018. Sestra (Grada). ISBN 978-80-271-0228-0.
47. SLABÁ, Šárka a Lukáš ZLATOHLÁVEK. *Klinická dietologie a výživa*. Praha: Current Media, 2016, 296s. Medicus. ISBN 9788088129035.
48. SOBOTKA, Luboš a S. P. ALLISON, ed. *Basics in clinical nutrition*. 4th ed. Praha: Galén, c2011. ISBN 978-80-7262-821-6.
49. SVAČINA, Štěpán (ed.). *Klinická dietologie*. Grada, 2008.
50. SVAČINA, Štěpán a Alena BRETŠNAJDROVÁ. *Jak na obezitu a její komplikace*. Praha: Grada, 2008. Doktor radí. ISBN 978-80-247-2395-2.

51. SVAČINA, Štěpán, Martin FRIED, Svatopluk BÝMA a Martin MATOULEK. *Obezita: doporučené diagnostické a terapeutické postupy pro všeobecné praktické lékaře 2018*. Praha: Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře, Společnost všeobecného lékařství, [2018]. Doporučené postupy pro praktické lékaře. ISBN 9788088280071.
52. SVAČINA, Štěpán. *Obezitologie a teorie metabolického syndromu*. Triton, 2013.
53. ŠRÁMKOVÁ, Petra. Novinky farmakologické léčby obezity. *Gastroenterologie a hepatologie*, 2018, 72.6.
54. UJEVIĆ, Darko, et al. Croatian anthropometric system meeting the European Union. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2006, 18.3: 200-218.
55. VILIKUS, Zdeněk; MACH, Ivan; BRANDEJSKÝ, Petr. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2015.
56. VOKURKA, Martin. *Patofyziologie pro nelékařské směry*. 4., upravené vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018. ISBN 978-80-246-3563-7.
57. WESTERTERP, Klaas R. Control of energy expenditure in humans. *European journal of clinical nutrition*, 2017, 71.3: 340.
58. WONG, William W., et al. The doubly labeled water method produces highly reproducible longitudinal results in nutrition studies. *The Journal of nutrition*, 2014, 144.5: 777-78
59. ZADÁK, Zdeněk. *Výživa v intenzivní péči-2., rozšířené a aktualizované vydání*. Grada Publishing as, 2008.
60. ZDOBINSKÝ, Jaroslav. Srovnání energetického výdeje měřeného pomocí bezdrátových monitorovacích systémů a konvenčních referenčních metod. 2016.
61. *Understanding Indirect Calorimetry* [online]. 2007 [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: <https://www.indirectcalorimetry.net/2017/10/04/understanding-indirect-calorimetry/>

Seznam tabulek

Tabulka 1 Klasifikace obezity podle BMI.....	3
Tabulka 2 Obvod pasu a metabolická rizika obezity.....	3
Tabulka 3 Souhrn zdravotních rizik a komplikací obezity.....	4
Tabulka 4 Efekt poklesu hmotnosti na mortalitu a výskyt některých onemocnění.....	5
Tabulka 5 Zásady zapisování jídelníčku	12
Tabulka 6 Přehled průměrných hodnot RMR vybraných tkání u člověka	15
Tabulka 7 Příklady průměrné denní potřeby energie dospělých osob s různou aktivitou v zaměstnání a ve volném času	17
Tabulka 8 Výhody a omezení metod měřících energetický výdej	17
Tabulka 9 Porovnání spotřebovaného kyslíku a produkovaného oxidu uhličitého, respirační kvocient	24
Tabulka 10 Rovnice Harrise-Benedicta pro výpočet RMR.....	24
Tabulka 11 Rovnice Mifflin-St Jeor.....	25
Tabulka 12 Rovnice Owena	26
Tabulka 13 WHR = obvodu pasu (cm) /obvod boků (cm).....	28
Tabulka 14 Charakteristika výzkumného souboru (n=50)	31
Tabulka 15 Charakteristika výzkumného souboru-ženy (n=36)	31
Tabulka 16 Charakteristika výzkumného souboru-muži (n=14).....	31
Tabulka 17 Charakteristika kontrolního souboru (n=25)	32
Tabulka 18 Charakteristika kontrolního souboru-ženy (n=13)	32
Tabulka 19 Charakteristika kontrolního souboru-muži (n=12).....	33
Tabulka 20 Rovnice Harrise-Benedicta pro výpočet RMR.....	34
Tabulka 21 Párový t-test na střední hodnotu-výzkumný soubor obézní ženy (n=36).....	37
Tabulka 22 Párový t-test na střední hodnotu-výzkumný soubor obézní muži (n=14)	37
Tabulka 23 Shrnutí statistických údajů u výzkumného souboru obézních žen (n=36).....	38
Tabulka 24 Relativní (RO) a absolutní (AO) odchylky hodnot RMR dle rovnice HB v porovnání s hodnotami dle NK u výzkumného souboru žen (n=36).....	39
Tabulka 25 Shrnutí statistických údajů u výzkumného souboru mužů (n=14).....	40
Tabulka 26 Relativní (RO) a absolutní (AO) odchylky hodnot RMR dle rovnice HB v porovnání s hodnotami dle NK u výzkumného souboru mužů (n=14).....	41
Tabulka 27 Shrnutí statistických údajů u kontrolního souboru žen (n=13)	42
Tabulka 28 Shrnutí statistických údajů u kontrolního souboru mužů (n=12).....	43
Tabulka 29 Porovnání EP a NK-výzkumný soubor ženy (n=36).....	45
Tabulka 30 Porovnání EP a NK-výzkumný soubor muži (n=14)	46
Tabulka 31 Porovnání EP a NK-kontrolní soubor ženy (n=13).....	47
Tabulka 32 Porovnání EP a NK-kontrolní soubor muži (n=12)	48

Seznam grafů

Graf 1 Zastoupení žen a mužů ve výzkumném souboru.....	32
Graf 2 Zastoupení žen a mužů v kontrolním souboru.....	33
Graf 3 Absolutní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií-výzkumný soubor obézních žen (n = 36).....	38
Graf 4 Relativní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií-výzkumný soubor obézních žen (n = 36).....	39
Graf 5 Relativní odchylky hodnot RMR dle rovnice HB v porovnání s výsledky NK u výzkumného souboru žen (n=36)	40
Graf 6 Absolutní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií-výzkumný soubor mužů (n=14).....	40
Graf 7 Relativní odchylky mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií-výzkumný soubor mužů (n=14).....	41
Graf 8 Relativní odchylky hodnot RMR dle rovnice HB v porovnání s výsledky NK u výzkumného souboru mužů (n=14)	42
Graf 9 Absolutní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií-kontrolní soubor žen (n=13)	42
Graf 10 Relativní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií-kontrolní soubor žen (n=13)	43
Graf 11 Absolutní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií-kontrolní soubor mužů (n=12).....	43
Graf 12 Relativní odchylky RMR mezi výsledky Harrise-Benedicta a nepřímou kalorimetrií-kontrolní soubor mužů (n=12).....	44
Graf 13 Absolutní odchylky mezi hodnotami NK a EP u výzkumného souboru žen (n=36)	46
Graf 14 Absolutní odchylky mezi hodnotami NK a EP u výzkumného souboru mužů (n=14).....	47
Graf 15 Absolutní odchylky mezi hodnotami NK a EP u kontrolního souboru žen (n=13)	48
Graf 16 Absolutní odchylky mezi hodnotami NK a EP u kontrolního souboru mužů (n=12)	49

Seznam obrázků

Obrázek 1 Složky celkového energetického výdeje	13
Obrázek 2 Index fyzické aktivity před a během nadměrného energetického příjmu	16
Obrázek 3 Teorie metody dvojité značené vody	19
Obrázek 4 Schéma průběhu přímé kalorimetrie	20
Obrázek 5 Schéma principu měření metodou nepřímé kalorimetrie	21
Obrázek 6 Nepřímá kalorimetrie-otevřený systém s mísící komorou pro měření nemocného na umělé ventilaci.....	22
Obrázek 7 Nepřímá kalorimetrie-otevřený systém měření pomocí canopy u spontánně ventilujícího pacienta	23
Obrázek 8 Měrné body na těle.....	27

Přílohy

Příloha 1 – Ukázka jídelníčku výzkumného souboru

Příloha 2 – Ukázka jídelníčku kontrolního souboru

Příloha 3 – Zdrojová data pro výzkum – ženy

Příloha 4 – Zdrojová data pro výzkum – muži

Příloha 5 – Zdrojová data kontrolní soubor – ženy

Příloha 6 – Zdrojová data kontrolní soubor – muži

Příloha 7 – Příklad výsledku měření nepřímou kalorimetrií

Příloha 8 – Stanovisko EK VFN k provedení individuálního výzkumu

Příloha 1 Ukázka jídelníčku výzkumného souboru

Jídelníček

17. 1. – čtvrtek

6:30 Snídaně – jogurt 150g + jablko 146g

12:30 Oběd – kuřecí stehno 126g + zeleninová rýže 80g

19:00 Večeře – zeleninová rýže 102g

2,5l

18. 1. – pátek

8:00 Snídaně – jogurtový nápoj 300g + mandarinka 129g

13:00 Oběd – kuřecí noha 140g + rýže 243g

19:00 Večeře – pohanková cereální bageta 64g + 25g máslo + baby špenát 10g + vejce 68g + červená paprika 56g

2,5l

19. 1. – sobota

8:00 Snídaně – mléčná rýže 149g + hroznové víno 105g

16:39 Oběd – špagetová placka 156g + nastrouhaný sýr 15g + 3 lžíce kečupu

1,5l

20. 1. – neděle

7:50 Snídaně – mléčná rýže 115g + hroznové víno 139g

12:34 Oběd – špagetová placka 216 + nastrouhaný sýr 81g + vepřové maso 43g

19:00 Večeře – pohanková cereální bageta 59g + 20g máslo + baby špenát 10g + vejce g + červená paprika 66g

2,5l

Příloha 2 Ukázka jídelníčku kontrolního souboru

Jídelníček před kalorimetrií

27/01/2019 18:51

Neděle 27.1.

Snídaně 9:30	tvarož nízkotučný 250g knackebrot 2 plátky marmeláda 2 lžičky pomeranč 1/2 káva s mlékem voda
Oběd 14:00	rýžové nudle (cca 400g?), zelenina, vepřové a kuřecí maso (cca 150g?) ledový čaj voda
Svačina 15:00	košíček s vanilkovým krémem a jahodou (cca 100g) káva s mlékem
Večeře 19:00	Chléb (1 krajíc) s margarínem, sýrem (1 plátek), salámem (3 kolečka) a 1 vajíčkem káva s mlékem voda
Druhá večeře 21:00	Šampaňské 3dcl :)

Pondělí 28.1.

Snídaně 6:30	Černý rybíz 35g Kýška 250 ml Voda
Oběd 12:30	Polévka zeleninová 200ml Čočka na kyselo cca 300g 2 vejce na tvrdo Čaj hořký
Svačina 14:30	Káva s mlékem Pomeranč Voda
Večeře 18:00	Chléb 1 krajíc Hummus cca 60g Cibulačka cca 200ml 2 piva
Druhá večeře 22:30	Chléb 1 krajíc Hermelín cca 50g Cherry rajčata cca 5ks Voda

Úterý 29.1.

Snídaně 8:00	Mandarinka Voda
Svačina 10:00	Káva s mlékem
Oběd 12:00	Polévka zeleninová 250ml Losos pečený cca 150g Brambory vařené cca 300g Čaj hořký
Svačina 14:30	Kobliha s vanilkovým krémem Voda
Večeře 18:00	Tmavý chléb 2 krajíce Zeleninový tvaroh 130g Sýr gouda cca 70g Paprika kapie 1ks Voda
Druhá večeře 20:00	Tmavý chléb 1 krajíc Sýr gouda cca 40g Voda

Příloha 3 Zdrojová data pro výzkum-ženy

Výzkumný soubor	Věk	Váha (kg)	BMI	RMR (HB) kJ/d	RMR (NK) kJ/d	EP (kJ)	Muscle mass (kg)
V1	41	106	36,7	7 453	8 657	5 054	33,9
V2	54	88,9	33,1	6 474	6 764	6 369	24,8
V3	25	119,5	36,1	8 394	13 279	7 553	40,6
V4	58	104,9	42,0	6 986	7 064	4 595	27
V5	73	88,4	38,3	5 992	7 717	4 203	24,2
V6	34	111,9	41,6	7 778	8 902	4 995	34,2
V7	34	112	41,6	7 782	8 902	6 624	31,2
V8	48	109,7	35,8	7 502	8 640	6 299	33,1
V9	62	105	42,6	6 905	9 127	4 848	29
V10	44	103,1	33,7	7 318	8 079	7 123	37,6
V11	49	97,1	34,0	6 936	8 674	3 325	30,3
V12	38	104,4	32,2	7 525	8 603	9 058	32,8
V13	68	99,8	32,6	6 720	6 935	5 803	31,2
V14	47	113,2	39,2	7 623	8 399	5 703	30,9
V15	21	103,2	34,5	7 754	8 466	4 121	29,2
V16	39	116,9	45,7	7 848	7 180	5 653	33,4
V17	36	132	44,6	8 600	8 000	5 233	35,4
V18	29	92,3	32,7	7 126	8 511	6 183	29,8
V19	72	79,2	30,2	5 722	5 587	5 140	23,9
V20	31	117,8	35,6	8 209	7 055	5 300	34
V21	36	118,8	43,6	8 021	7 359	5 889	33,2
V22	54	119,5	38,6	7 783	7 488	7 704	32,4
V23	52	95,8	34,8	6 802	8 728	7 990	31,1
V24	65	126,3	47,5	7 740	10 787	4 718	33,3
V25	52	91,3	33,9	6 608	8 033	3 548	27,8
V26	60	78,8	31,6	5 909	4 855	6 175	25,4
V27	55	97,8	41,8	6 724	7 089	7 304	26,6
V28	33	111,8	43,1	7 770	8 137	4 546	30,2
V29	43	107	41,8	7 377	7 783	7 320	32,2
V30	48	120,6	39,4	7 936	8 540	8 327	36,1
V31	28	94,2	34,6	7 198	8 291	5 604	27,3

V32	73	130,1	44,5	7 797	7 101	5 435	35,2
V33	23	86	30,5	6 992	7 921	5 376	27,5
V34	36	131,7	51,4	8 496	9 427	8 386	34,3
V35	24	91,8	35,4	7 149	9 006	6 489	26,9
V36	66	92,2	38,9	6 294	5 957	5 432	26,8

Příloha 4 Zdrojová data pro výzkum-muži

Výzkumný soubor	Věk	Váha (kg)	BMI	RMR (HB) kJ/d	RMR (NK) kJ/d	EP (kJ)	Muscle mass (kg)
V37	48	111,9	34,2	9 092	8 528	6 983	42,4
V38	55	110,3	36,0	8 678	12 463	9 821	39,6
V39	40	106	34,6	8 855	9 252	5 458	37
V40	45	141	44,5	10 778	14 107	6 856	50,3
V41	56	110,1	35,1	8 680	9 231	5 837	40,2
V42	45	153,6	38,8	11 936	11 311	6 813	52,4
V43	72	110,3	34,8	8 261	9 780	7 442	35,1
V44	65	121,6	37,5	9 146	8 932	5 853	41,6
V45	65	105,1	30,4	8 328	7 276	10 801	37,4
V46	47	127	32,1	10 358	10 679	10 072	51,5
V47	33	105,9	31,6	9 213	10 076	8 675	50,1
V48	49	115,5	30,1	9 581	11 066	10 197	50,1
V49	39	133	36,8	10 739	10 446	14 702	52,1
V50	55	151,2	40,6	11 392	7 301	4 019	50

Příloha 5 Zdrojová data kontrolní soubor-ženy

Kontrolní soubor	Věk	Váha (kg)	BMI	RMR (HB) kJ/d	RMR (NK) kJ/d	EP (kJ)	Muscle mass (kg)
K1	37	65,5	20,2	5 996	7 675	5 495	31,9
K2	32	63,5	20,0	5 999	6 956	9 672	29,2
K3	26	61,7	20,9	5 998	7 209	8 075	27,8
K4	36	69,9	24,8	6 099	7 492	8 865	24,4
K5	27	53,4	18,5	5 633	6 336	6 814	23
K6	26	48,7	19,5	5 373	5 204	6 136	21,8
K7	27	49,9	18,8	5 440	5 936	9 323	19,8
K8	31	74	23,9	6 421	7 588	9 481	31,6
K9	28	62,2	19,6	6 025	7 355	9 027	27,7
K10	27	65	21,5	6 125	6 049	7 684	27,3
K11	30	65	23,9	5 997	7 559	7 384	25,4
K12	50	70	21,1	5 938	7 072	9 813	28,4
K13	24	61,9	24,8	5 937	5 995	8 079	22,4

Příloha 6 Zdrojová data kontrolní soubor-muži

Kontrolní soubor	Věk	Váha (kg)	BMI	RMR (HB) kJ/d	RMR (NK) kJ/d	EP (kJ)	Muscle mass (kg)
K14	31	83,2	25,1	7 950	7 875	11 727	36,6
K15	34	68	21,7	6 892	7 043	9 368	31,2
K16	39	81,1	25,9	7 500	8 549	7 542	39,5
K17	42	66,3	22,2	6 487	7 517	10 238	30,9
K18	31	75	23,1	7 439	7 925	9 285	33,4
K19	35	79	21,2	7 826	8 332	10 067	35,3
K20	31	74	20,5	7 590	8 740	9 506	35,9
K21	25	84	24,3	8 248	9 148	11 773	40,7
K22	38	79	24,7	7 450	9 556	8 819	36,5
K23	43	80	24,4	7 408	9 963	10 171	38,2
K24	33	75	23,7	7 341	10 371	9 372	34
K25	40	70	22,9	6 795	10 779	8 528	32,4

Příloha 7 Příklad výsledku měření nepřímou kalorimetrií – hodnota změřeného RMR vyšší než hodnota vypočítaného RMR u obézní pacientky

Screenshot BMR/RMR Výsledky



Příjmení		Hmotnost	144,4 kg
ID		Výška	168 cm
Věk	58		
Pohlaví	žena		
Datum	15.11.2018 8:54		
Doba trvání	0:19:57		
Uživatel			
Zařízení	MetaLyzer 3B-R2	Okolní podmínky	
		Teplota	26,8°C
		Tlak	1004mbar



Podpis

Příloha 8 Stanovisko EK VFN k provedení individuálního výzkumu

Etická komise
Všeobecné fakultní nemocnice v Praze
ETHICS COMMITTEE
of the General University Hospital, Prague

Na Bojišti 1
128 08 Praha 2
tel.: 224964131
e-mail: eticka.komise@vfn.cz

Vážená paní
Bc. Veronika Pokorná
Karla Věka 263
506 01 Jičín

19.9.2019
č.j.: 1587/19 S-IV

Etická komise VFN projednala na svém zasedání 19.9.2019 Vámi předložený individuální výzkum č.j. 1587/19 S-IV – diplomovou práci

Název studie/Title of CT: Využití nepřímé kalorimetrie v praxi nutričního terapeuta

Žadatel/Applicant: Bc. Veronika Pokorná III. Interní klinika VFN a 1. LF UK v Praze, U Nemocnice 2, 128 08 Praha 2

Lhůta pro podání písemné zprávy o průběhu KH od jeho zahájení/ Time schedule for submission of the written Annual Report: ☒ 1x ročně/Once a year ☐ Jiná lhůta/Other

Úhrada nákladů spojených s posouzením žádosti a vydáním stanoviska /Reimbursement of costs related to assessment of the EC: ☐ Ano/Yes ☒ Ne, důvod/No, reasons: Nesponzorovaný projekt

Datum doručení žádosti / Date of submission of the Application Form: 5.9.2019

Datum jednání EK+čas/Date and time of Ethics Committee's session: 19.9.2019 (15:30 – 18:00 hod.)

Seznam míst hodnocení s označením míst, ke kterým se EK vyjádřila jako místní EK a kde vykonává dohled

Místo hodnocení / Jméno zkoušejícího Trial Site / Name of Investigator	Místní EK Local EC	Adresa místní EK Address
Bc. Veronika Pokorná III. Interní klinika VFN a 1. LF UK v Praze, U Nemocnice 2, 128 08 Praha 2	<input checked="" type="checkbox"/>	EK při VFN, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2

Seznam hodnocených dokumentů / List of all submitted documents:

Název dokumentu, verze, datum Document title, version, date	Schváleno /Approved		Na vědomí / Taken into account	
	ANO Yes	NE No	ANO Yes	NE No
Průvodní dopis s popisem práce, nedatován	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zkrácený formulář EK VFN k neintervanční dotazníkové studii ze dne 30.8.2019	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Žádost o dotazníkovou akci se souhlasem vedení pracoviště ze dne 30.8.2019	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Životopis hlavní zkoušející: Bc. Veronika Pokorná	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Stanovisko etické komise:

EK vydává / EC issues

- ☒ Souhlasné stanovisko/Favourable opinion
☐ Nesouhlasné stanovisko/Unfavourable opinion

EK VFN vydává **souhlasné** stanovisko k provedení individuálního výzkumu – diplomové práce na III. Interní klinice VFN a 1. LF UK v Praze.

Etická komise
Všeobecná fakultní nemocnice
v Praze
Na Bojišti 1
128 08 Praha 2

Podpis předsedy EK / Signature of Chairperson

MUDr. Josef Sedivý, CSc.

Seznam členů etické komise/ List of the Ethics Committee Members:

	Muž/ Žena Male/ Female	Odbornost Specialist	Zaměstnanec zřizovatele EK*		Funkce v EK Role in EC	Přítomen Attendance		Hlasoval Voted	
			Ano Yes	Ne No		Ano Yes	Ne No	Ano Yes	Ne No
MUDr. Josef Šedivý, CSc.	M/M	Clinical Pharmacologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Předseda/ Chairperson	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Magda Šišková, CSc.	Ž/F	Haematologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mistopředseda/ Vice-chairperson	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
JUDr. Milada Džupinková, MBA	Ž/F	Lawyer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jana Farkačová	Ž/F	Lab. Technician	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Doc. MUDr. Pavel Freitag, CSc.	M/M	Gynaecologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ing. Antonín Grošpic, CSc.	M/M	Engineer	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof. MUDr. Eva Kubala Havrdová, CSc.	Ž/F	Neurologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Hana Honová	Ž/F	Oncologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Anna Jedličková	Ž/F	Microbiologist	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Člen/Member	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MUDr. Jiří Kolář	M/M	Cardiologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MUDr. Ladislav Korábek, CSc., MBA	M/M	Dental surgeon	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof. MUDr. František Perlík, DrSc.	M/M	Pharmacologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof. MUDr. Jan Roth, CSc.	M/M	Neurologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mgr. Libuše Roytová	Ž/F	Member of clergy	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mgr. ThLic. of Theologie									
MUDr. Kateřina Rusinová, MgA., Ph.D.	Ž/F	Anesthesiologist -Intensive Med.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
JUDr. Šárka Speciánová	Ž/F	Lawyer	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Marcela Trojánková	Ž/F	Privat Nephrologist	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof. MUDr. Jiří Zeman, DrSc.	M/M	Paediatricist – Adolescent Med	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

pozn: *Zaměstnanec zřizovatele EK/ Employee of EC appointing authority)

Etická komise prohlašuje, že byla ustavena a pracuje v souladu se správnou klinickou praxí (GCP) a platnými právními předpisy. Poslední sloupec udává, zda členové EK byli přítomni hlasování, ale nikoli jak hlasovali ve věci./The Ethics Committee hereby declares that it was established and operates in accordance with its Rules of Procedure in compliance with GCP and valid legal regulations. EC members personally presented the voting procedure (and NOT their individual voting result to or against the cause) are indicated in the last column:

☒ Ano/Yes ☐ Ne/No

Komentář/Comments:

Datum/Date: 19.9.2019

Etická komise
Všeobecná fakultní nemocnice
v Praze
Na Bojišti 1
125 06 Praha 2

Podpis předsedy EK nebo zástupce
Signature of Chairperson or Vice-Chairperson
MUDr. Josef Šedivý, CSc.

Protokol u úplnosti náležitostí magisterské práce

Titul, jméno, příjmení: Bc. Veronika Pokorná

Název práce: Využití nepřímé kalorimetrie v praxi nutričního terapeuta

Typ práce: diplomová

Vedoucí práce: Mgr. Aneta Sadílková

Prohlašuji, že jsem odevzdal (a) vysokoškolskou kvalifikační práci v souladu s:

Opatřením rektora č. 6/2010 (dostupné z <http://www.cuni.cz/UK-3470.html>)

Opatřením rektora č. 8/2011 (dostupné z <http://www.cuni.cz/UK-3735.html>)

Opatřením děkana č. 10/2010 (dostupné z http://www.lf1.cuni.cz/file/21321/opad10_10.pdf)

Zároveň prohlašuji, že jsem do Studijního informačního systému vložil (a) plný **text vysokoškolské kvalifikační práce** včetně všech povinných souborů podle typu práce:

- abstrakt ČJ
- abstrakt AJ

Při vkládání textu práce a všech souborů jsem postupoval (a) podle návodu dostupného z http://www.lf1.cuni.cz/file/25838/navod_vkladani_prace.pdf.

Nahrané soubory jsem následně zkontroloval (a).

Odpovídám za správnost a úplnost elektronické verze práce a všech dalších vložených elektronických souborů.

1 exemplář práce svázaný v pevné plátěné vazbě obsahuje všechny povinné náležitosti:

Příloha č. 1 – Titulní strana, Prohlášení diplomanta, Identifikační záznam, abstrakt v ČJ a AJ - http://www.lf1.cuni.cz/file/21323/opad10_10_pril1.pdf

Příloha č. 6 – Prohlášení zájemce o nahlédnutí - http://www.lf1.cuni.cz/file/21329/opad10_10_pril6.pdf

Datum: 28.11.2019

Podpis studenta:

Kontrolu úplnosti náležitostí provedla osoba pověřená garantem:

EVIDENCE VÝPŮJČEK

Prohlášení:

Jsem si vědoma, že odevzdáním této diplomové práce dávám svolení ke zveřejnění a k půjčování této závěrečné práce. Uživatel potvrzuje svým podpisem, že bude tuto práci řádně citovat a zdroj uvede do seznamu použité literatury.

V Praze 28.11.2019

Veronika Pokorná

[illegible]